RADIO UND FERNSEHEN

MONATSZEITSCHRIFT FÜR RADIO, FERNSEHEN, ELEKTROAKUSTIK UND ELEKTRONIK

3. JAHRG. **7** JULI 1954



VERLAG DIE WIRTSCHAFT BERLIN W 8

Aus dem Inhalt

Titelbild:

Meßplatz für den Abgleich der Zwischenfrequenzkanäle Bild und Ton vom Fernsehempfänger »Rembrandt« im Prüffeld des VEB Sachsenwerk Radeberg. (Siehe Beitrag Seite 200 ff.) Aufnahme: Blunck

Die Rundfunkwellenausbreitung in der Zeit vom 16. 5. bis 15. 6. 1954

Mitteilung aus dem Observatorium Kühlungsborn, Meteorologischer und Hydrologischer Dienst der Deutschen Demokratischen Republik

Lang-, Mittel- und Kurzwellen

Obwohl die F-Schicht wiederum an zahlreichen Tagen des Berichtszeitraumes eine Struktur aufwies, die der Definition eines „Ionosphärensturmes" entspricht, war der Gesamtstörungsgrad der Ionosphäre durch solare Korpuskularstörungen — gemessen an der erdmagnetischen Aktivität — ausgesprochen gering. Lediglich am 18./19. 5. wurde ein schwaches Maximum der magnetischen Aktivität festgestellt, das in den Langwellenbeobachtungen der nächtlichen E-Schicht auch durch die charakteristische Beschleunigung der Polarisationsschwankungen gekennzeichnet war.

Die „sporadische E-Schicht", die keinerlei Zusammenhang mit der erdmagnetischen Aktivität zeigt, trat wieder mit der für die Sommermonate charakteristischen Häufigkeit und Intensität auf. Ihr Häufigkeitsmaximum besitzt diese unregelmäßig auftretende Schicht in den Tagesstunden. So waren auch im Berichtszeitraum fast immer mehrmals täglich Spitzenwerte der E_s-Grenzfrequenz über 6 MHz festzustellen, die im Einzelfalle (am 22. 5. morgens) sogar bis zu 14 MHz betrugen. Dadurch kam es zu oft stundenlanger Abdeckung der F_2-Schicht, deren Mittagsgrenzfrequenz häufig unter 5 MHz lag. Das Minimum der F_2-Grenzfrequenz betrug morgens durchschnittlich 3 MHz.

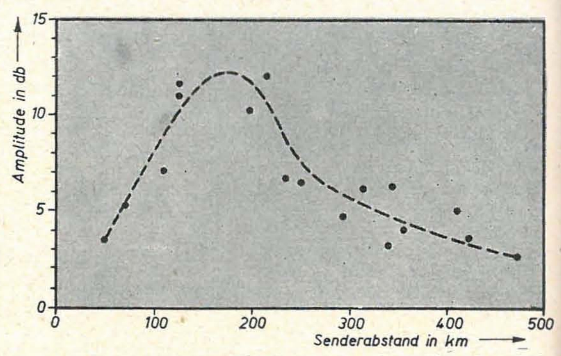
Angesichts der zur Zeit sehr niedrigen F_2-Grenzfrequenzen ist es interessant, eine Rückschau auf die Entwicklung seit dem letzten Sonnenfleckenmaximum (1947) zu halten. In diesen sieben Jahren haben die sommerlichen Durchschnittswerte der F_2-Grenzfrequenz in unseren Breiten um volle 3 MHz abgenommen. Für die Mittagswerte im Winter betrug der Rückgang sogar 8 MHz. Noch krasser äußert sich der Zusammenhang zwischen F_2-Schicht und Sonnenfleckenperiode in den bei Schrägreflexion über große Entfernungen maximal übertragbaren Frequenzen. Diese sogenannte MUF (= maximal utilisable frequency) ist seit 1947 im Durchschnitt nachts um 5 MHz, mittags um 15 MHz zurückgegangen! Auch in der Form des sommerlichen Tagesganges der F_2-Grenzfrequenz ist eine charakteristische Änderung erfolgt. Zur Zeit geringer Sonnenaktivität tritt das frühabendliche F_2-Maximum viel deutlicher hervor als in den Sommermonaten der Jahre starker Sonnenaktivität. So wurden auch im jetzigen Berichtszeitraum an vielen Tagen in den frühen Abendstunden F_2-Grenzfrequenzen beobachtet, die um 1,5 MHz höher lagen als die Mittagswerte. *Spr.*

Ultrakurzwellen

Bei unbeständigem Witterungscharakter traten im Berichtszeitraum keine extremen Überreichweitenbedingungen auf.

Lediglich vom 25. bis 28. Mai führte eine Hochdruckrandlage zu größeren Feldstärkeanstiegen im Raum des norddeutschen Flachlandes. Ausgeprägt waren wieder sehr kräftige UKW-Tagesgänge mit hohem stabilem Feldstärkepegel in den Abend- bis Morgenstunden und niedrigem Pegel in den Tagesstunden. Auf Meßstrecken in 200 km Entfernung konnten Feldstärkeunterschiede zwischen Nacht und Tag bis zu 40 db beobachtet werden. Unternormale Fernausbreitung war vom 19. bis 24. Mai im Einflußbereich eines Höhentiefs und vom 9. bis 15. Juni beim Einströmen instabilerer Meereskaltluft nach Mitteleuropa zu verzeichnen.

Die relativ häufige Ausbildung von nächtlichen Bodeninversionen und die tagsüber einsetzende Instabilisierung der bodennahen Luftschichten führte im Mai zu den bisher höchsten Amplituden in den mittleren monatlichen UKW-Tagesgängen dieses Jahres. Auf Meßstrecken in 150 bis 200 km Entfernung betrugen die Feldstärkeunterschiede zwischen den Morgen- und Abendstunden einerseits und den Frühnachmittagsstunden andererseits durchschnittlich 10 bis 12 db. In dem abgebildeten Diagramm sind die



Amplitude des mittleren monatlichen Tagesganges der UKW-Empfangsfeldstärke im Mai 1954, aufgetragen in Abhängigkeit vom Senderabstand

Amplituden der mittleren Feldstärketagesgänge von 17 UKW-Meßstrecken in Abhängigkeit von der Entfernung dargestellt. Man sieht, daß der nach der Refraktionstheorie zu fordernde Anstieg der täglichen Feldstärkeamplitude mit wachsender Länge der Meßstrecke nur bis zu einer Entfernung von etwa 150 bis 200 km erfüllt ist. In größerem Senderabstand nimmt dagegen die Amplitude des Tagesganges wieder sehr rasch ab. Dieses Ergebnis dürfte vor allem auf die abnehmende Bedeutung der Refraktion für die UKW-Ausbreitung in sehr großen Entfernungen zurückzuführen sein. Das Bild kann also unsere Feststellung im Heft 3 (1954) der DEUTSCHEN FUNKTECHNIK und im Heft 4 (1954) dieser Zeitschrift erhärten, daß bei wachsendem Senderabstand die Reflexions- und Streuprozesse in der unteren Atmosphäre für die UKW-Ausbreitung zunehmend an Bedeutung gewinnen. Diese beiden Ausbreitungsmechanismen unterliegen keinem so ausgeprägten Tagesgang wie die Refraktion. Da ein Teil der im Bild dargestellten Meßergebnisse von Meßstrecken stammt, die über das Mittelgebirge führen, dürfte sekundär auch die von anderen Autoren herangezogene Erklärung eine Rolle spielen, daß die Amplitude des Tagesganges in bergigem Gebiet infolge der uneinheitlicheren Ausbildung von Bodeninversionen abnimmt. *Dr. Kl.*

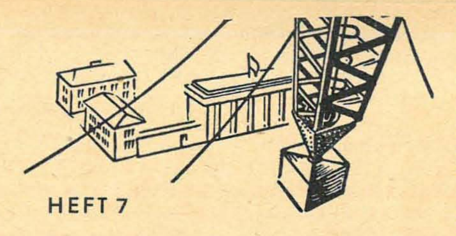
Verlag „Die Wirtschaft", Verlagsdirektor Gerhard Kegel

Chefredakteur: Rudolf Nehring, verantwortlicher Fachredakteur: Ing. Karl Kiehle, Berlin-Treptow, Puschkinallee 3, Fernruf: 67 87 41, Fernschreiber 1448. Veröffentlicht unter Lizenznummer 1129 des Amtes für Literatur und Verlagswesen der Deutschen Demokratischen Republik. — Anzeigenannahme: Verlag „Die Wirtschaft", Berlin W 8, Französische Straße 53—55, und alle Filialen der DEWAG-Werbung. Zur Zeit gültige Preisliste Nr. 1. — Druck: Tribüne-Verlag, Druckerei III, Leipzig III/18/36. — Auszüge und Übersetzungen nur mit Quellenangabe gestattet. — Die Zeitschrift „Radio und Fernsehen" erscheint monatlich, Einzelheft 2,— DM.

Zuschriften an Redaktion „Radio und Fernsehen", Berlin-Treptow, Puschkinallee 3.

RADIO UND FERNSEHEN

3. JAHRGANG JULI 1954 HEFT 7



Das Fernsehen in der Deutschen Demokratischen Republik

Das Fernsehen in der Deutschen Demokratischen Republik soll unseren Werktätigen durch Direktsendung, Übertragung aktueller Filme usw. an jedem fernen Ort die Möglichkeit bieten, das politische, kulturelle und wirtschaftliche Geschehen miterleben zu können. Es darf nicht nur Vermittler eines Unterhaltungsprogramms sein, sondern muß auch informierend, aufklärend und belehrend die Bewußtseinsbildung unserer Menschen übernehmen. Es ist das Ziel unserer Regierung, den Fernsehrundfunk im Gegensatz zum kapitalistischen Westen, wo er nur als das Privileg einer besonderen Schicht anzusehen ist, zum Allgemeingut unserer Bevölkerung werden zu lassen.

Um diese großen Aufgaben erfüllen zu können, haben die Abgeordneten unserer Volkskammer zu Beginn des Jahres den Plan für den Ausbau des Fernsehnetzes mit vier weiteren Sendeanlagen angenommen und bestätigt. Hiermit haben wir einen Auftrag erhalten, dessen Erfüllung große Anstrengungen von uns erfordert. Wie sieht nun die derzeitige Fernsehversorgung aus? Es ist bekannt, daß die ersten Versuchssendungen im Jahre 1952 in Berlin auf den Frequenzen 99,9 MHz und 105,4 MHz durchgeführt wurden. Zu Beginn der vorjährigen Leipziger Messe konnte auf Grund der gesammelten Erfahrungen in Leipzig ein Fernsehsender mit einer Sendefrequenz von 59,25 MHz für das Bild und mit einer Frequenz von 65,75 MHz für den Ton in Betrieb genommen werden. Zum Zeitpunkt der Berliner Außenministerkonferenz nahm wiederum in Berlin ein neuer Sender auf den Müggelbergen mit den Sendefrequenzen 41,75 und 48,25 MHz seine Tätigkeit auf. Ein neu errichteter Fernsehsender versorgt seit Anfang Juli mit der Bildfrequenz 145,25 MHz und 151,75 MHz für den Ton das Stadtgebiet und die Umgebung von Dresden. Bis Ende 1954 werden noch weitere Sender auf dem Brocken, auf dem Inselsberg, in der Nähe von Stollberg und in Marlow (Mecklenburg) errichtet. Demnach ergibt sich Ende 1954 bis Anfang 1955 etwa folgende Situation:

In Berlin arbeiten zwei Fernsehsender. Hiervon hat der Fernsehsender auf den Müggelbergen die Aufgabe, besonders das Flachland im Umkreis von 70 km zu versorgen. Zur Zeit sind jedoch die Voraussetzungen für eine Lösung der letztgenannten Aufgabe noch nicht gegeben, da die Funkbrücke zwischen Westdeutschland und Westberlin starke Störungen hervorruft und damit den Empfang in einem bestimmten Gebiet fast unmöglich macht. Dieses Gebiet wird von den Linien Oranienburg-Berlin-Stadtmitte und Stadtmitte-Beelitz begrenzt. Entsprechend den internationalen Vereinbarungen hätte diese Funkbrücke im Juli des Jahres 1953 ihre Tätigkeit im Fernsehband I einstellen müssen. Obwohl die westdeutschen Vertreter ihre Zustimmung zu dem Stockholmer Abkommen gegeben haben, fand weder eine Frequenzverlagerung der Funkbrücke statt, noch wurde sie außer Betrieb gesetzt. Sie muß daher als illegal bezeichnet werden. Um diesem Übel abzuhelfen und eine Versorgung auch der in den westlichen Randgebieten von Berlin, zum Beispiel in Potsdam, Oranienburg usw., wohnenden Bevölkerung sicherzustellen, werden zur Zeit geeignete Maßnahmen eingeleitet. Die Versorgung des Stadtgebietes erfolgt bis auf weiteres durch den Sender im Stadthaus.

Der Versorgungsradius des Senders Leipzig beträgt vom Aufstellungsort des Senders gerechnet etwa 45 km. Mit dem neu in Betrieb genommenen Sender Dresden soll eine Reichweite von etwa 50 km im Umkreis erzielt werden. Die Ergebnisse genauerer Messungen liegen zur Zeit noch nicht vor. Bereits in kürzester Zeit wird die Leistung des Dresdner Senders verstärkt. Interessant ist, daß erstmalig in der Deutschen Demokratischen Republik eine 8-Ebenen-Schmetterlingsantenne angewendet wird.

Der Plan unserer Regierung sieht vor, daß in diesem Jahr besonders die Industriegebiete im Süden der Deutschen Demokratischen Republik mit dem Fernsehrundfunk versorgt werden. Um zum Beispiel unseren Werktätigen im Bergbaugebiet die Möglichkeit des Fernsehempfangs zu geben, wird ein Fernsehsender in der Gegend bei Stollberg errichtet, dessen ostwärtiges Anschlußgebiet der Sender Dresden versorgt. Der Versorgungsradius des Fernsehsenders Inselsberg wird im Osten an den des Stollberger Fernsehsenders anschließen. Durch den Fernsehsender auf dem Brocken im Südwesten der Republik wird der südliche Ring unseres Fernsehversorgungsgebietes geschlossen. Rund um den Sender Leipzig sollen also einschließlich des Dresdener Senders noch in diesem Jahre vier weitere Fernsehsender das Fernsehprogramm ausstrahlen. Die im Jahre 1955 beabsichtigte Leistungserhöhung eines Berliner Fernsehsenders wird auch hier den Versorgungsradius erweitern. Im Anschluß daran sollen entsprechend dem Plan auch die Werktätigen im Westen und Norden unserer Deutschen Demokratischen Republik am Fernsehen teilnehmen können.

Der in Marlow vorgesehene Fernsehsender wird die wichtigsten Hafenstädte, Wismar, Rostock und Stralsund, mit einem Fernsehprogramm versorgen. Die Erfüllung vorgenannter Aufgaben ist ein Teil des Planes 1954. An dieser Stelle sei gesagt, daß die Wün-

Nachrichten

● In der Zeit vom 11. bis 26. 5. 1954 fanden in Warschau die Vollsitzung und die Tagung der Technischen Kommission der OIR statt.

Die Vertreter aus den Ländern der Sowjetunion, China, Korea, Albanien, Polen, der Tschechoslowakei, Rumänien, Finnland und der Deutschen Demokratischen Republik haben ihre technischen Erfahrungen auf dem Gebiet der Studio- und Sendertechnik ausgetauscht und neue Maßnahmen zur Aktivierung der Technischen Kommission der OIR, vor allem zugunsten der UKW- und Fernsehtechnik, beschlossen.

● Durch die Auswertung der Erfahrungen der sowjetischen Neuerer Soboljew, Kowaljow und Sedowa konnten sechs Komplexbrigaden des VEB Elektro-Apparate-Werke „J. W. Stalin" mit zusammen 40 Mitgliedern 185534 DM Produktionskosten einsparen.

An den Einsparungen hat vor allem die Brigade „Qualität" mit einer Summe von 46139 DM hervorragenden Anteil. Auf Grund der fertigungstechnischen Untersuchung eines Universalmeßgerätes mit Hilfe der Methode des sowjetischen Neuerers Soboljew änderte sie den technischen Ablauf, vereinfachte die Konstruktion des Meßgerätes und ließ für seine Produktion billigeres Werkzeug herstellen. Schleifkontakte wurden bisher als Federpakete aus fünf zusammengenieteten Einzelteilen hergestellt. Nach den Untersuchungen der Brigade „Qualität" wird dieser Schleifkontakt jetzt als Stanzteil gefertigt, wodurch sich bei 100 Einzelteilen die Lohnkosten um 63 DM und die Materialkosten um 6,42 DM verringern.

Die Brigade Alisch hat durch Selbstkostensenkung in der Vormontage der Abteilung Relaisfertigung insgesamt 11327 DM eingespart.

● 6500 Radiobaukästen will der VEB Stern-Radio Staßfurt noch in diesem Jahre dem Handel übergeben. Die aus örtlichen Reserven produzierten Baukästen enthalten alle Einzelteile zum Bau eines Einröhrenempfängers mit permanentdynamischem Lautsprecher. Der Preis wird etwa 42 DM betragen.

● Eine neue Gemeinschaftsantennenanlage der Firma Hirschmann, Esslingen, wurde anläßlich der Deutschen Industriemesse Hannover 1954 zum ersten Male gezeigt. Die für den gleichzeitigen Anschluß von Rundfunk- und Fernsehempfängern entwickelte Antenne ist für Imputzverlegung geeignet. Sorgfältig abgeglichene Filter und Entkopplungsglieder, die in Wanddosen untergebracht sind, verhindern gegenseitige Störungen der Empfänger, die mit einfachen Leitungen angeschlossen werden können. Teure Spezialanschlußkabel sind nicht erforderlich. Die Gemeinschaftsantennenanlage kann je nach den Erfordernissen mit verschiedenen Antennen ausgestattet werden.

● Eine spezielle Fernseh-Operationsübertragungsanlage wurde gemeinsam von den westdeutschen Firmen Quarzlampen GmbH, Hanau, und der Fernseh-GmbH, Darmstadt, entwickelt und vor einiger Zeit im Krankenhaus Hanau zum ersten Male bei der Übertragung von Operationen eingesetzt. Die Fernsehkamera ist in eine über dem Operationstisch angebrachte Hanaulux-Operationsleuchte so eingebaut, daß sie die Eindrücke der Operation im gleichen Blickwinkel wie der Chirurg selbst aufnimmt. Das Bild wird durch Kabel auf Entfernungen von über 300 m auf ein oder mehrere Schirmbilder übertragen und kann so mehreren Hundert Personen außerhalb des Operationsraumes sichtbar gemacht werden, die den Operationsgang in allen Einzelheiten verfolgen können, was im Operationssaal selbst nie möglich wäre, da man den Chirurg und seine Assistenten stark behindern würde. Durch ein Mikrofon werden einzelne Erläuterungen des Chirurgen in den Hörsaal übertragen. Zur Farbaufnahme einzelner interessanter Augenblicke der Operation sind eine Kamera, der automatische Filmtransport und zwei Elektronenblitze ebenfalls in den Körper der Hanau-Fotooperationslampe eingebaut worden.

Am 15. und 16. Oktober 1953 wurden Operationen, die Professor Dr. Zenker, Direktor der Chirurgischen Universitätsklinik Marburg, für die Teilnehmer am Chirurgenkongreß durchführte, mit Hilfe der neuen Fernsehapparatur übertragen.

Arbeitserleichterung durch einen Rechenschieber für komplexe Zahlen

Die mathematische Lösung schwieriger Wechselstromprobleme erfordert die mit einem sehr großen Zeitaufwand verbundene komplexe Berechnung. Mit der Möglichkeit einer schnelleren Lösung langwieriger komplexer Berechnungen haben sich verschiedene Fachleute bereits jahrelang beschäftigt.

Da das Thema der Arbeitserleichterung bei der Rechnung mit komplexen Zahlen sowohl für den Ingenieur in der Praxis als auch für den Studierenden weiterhin aktuell bleibt, soll dieses Thema einmal hier behandelt werden, in der Hoffnung, daß sich für alle Interessierten eine fruchtbare Diskussion entwickelt.

Nach dem Studium der verschiedenartigsten Literatur kann man feststellen, daß die mathematisch gut geschulten sowjetischen Ingenieure auf dem genannten Gebiet am weitesten vorangekommen sind.

Anläßlich der Sitzung des allrussischen Ingenieurverbandes in Moskau fand bereits im Jahre 1921 ein Vortrag über einen Rechenschieber für komplexe Zahlen aufmerksame Zuhörer, der dann später im Jahre 1924 von Jean Spielrein, Moskau, in der ETZ, Heft 32, S. 849—852, veröffentlicht wurde.

Das Planungsministerium der Deutschen Demokratischen Republik und auch der hierfür in Frage kommende Fertigungsbetrieb stehen einer möglichen Fabrikation des Rechenschiebers entsprechend dem o. a. sowjetischen Vortrag befürwortend gegenüber. Die DHZ soll zu diesem Zweck vorher die Absatzmöglichkeiten erforschen.

Um zu einer richtigen Marktanalyse zu kommen, müssen die Fachkreise von dem beabsichtigten Spezialrechenschieber Kenntnis erhalten. Aus diesem Grunde wird der erwähnte sowjetische Vortrag „Über einen Rechenschieber für komplexe Zahlen" zur Diskussion gestellt.

Der Leser erhält durch die Beschreibung die Möglichkeit, sich ein Rechenbrett entsprechend Abschnitt II zur persönlichen Arbeitserleichterung anzufertigen und auch für die Fertigung eines Rechenschiebers nach Abschnitt VII zu stimmen.

Es ist anzunehmen, daß auch wir infolge der starken Konzentration der Elektroindustrie in der Deutschen Demokratischen Republik für unseren Arbeitsbereich einen derartigen Spezialrechenschieber als fühlbare Erleichterung verwenden können. Nach bisheriger Kenntnis werden in der Deutschen Demokratischen Republik noch keine Spezial-Elektrorechenschieber hergestellt. Wenn aber eine solche Fertigung aufgenommen wird, brauchten wir keinen Elektrorechenschieber eventuell aus Westdeutschland einzuführen, sondern hätten darüber hinaus große Exportmöglichkeiten.

Falls ein Leser irgendwelche Änderungsanregungen bzw. Wünsche seines Spezialgebietes für die Neukonstruktion des Rechenschiebers berücksichtigt haben möchte, kann er sich zwecks Weiterleitung dieser Wünsche an die Redaktion der Zeitschrift RADIO UND FERNSEHEN wenden.

Die besten Anregungen wird der Fertigungsbetrieb sicher dann erhalten, wenn er einige Musterexemplare des neuen Rechenschiebers verschiedenen Fach- und Hochschuldozenten z. B. der HF-Technik, Fernmeldetechnik, Starkstromtechnik usw., sowie einigen Ingenieuren aus der Praxis zur Erprobung übergeben würde. Unsere Dozenten hätten dann gleichzeitig die Möglichkeit, alle Studierenden mit dem Rechenschieber vertraut zu machen. Die Anregungen der Ingenieure, die den Rechenschieber in der Praxis erproben, wäre für den Betrieb ebenfalls eine große Hilfe, er würde hierdurch große Entwicklungs- und Abänderungskosten einsparen, so daß 1955 ein allseitig erprobter Rechenschieber auf den Markt kommen könnte.

Bei der Literaturbeschaffung kann die Öffentlich Wissenschaftliche Bibliothek zur Zeit leider nicht helfen. Von der KdT sind jedoch Fotokopien des erwähnten Artikels aus der ETZ Heft 32 (1924) erhältlich. *Wolfgang Basse*

sche unserer Bevölkerung, an allen Orten am Fernsehen teilnehmen zu können, wohl verständlich sind, die Versorgung auf Grund der technischen Eigenarten der Wellenausbreitung im UKW-Gebiet im Gegensatz zu den Mittel- und Langwellen aber nicht unmittelbar erfolgen kann. Es ist das Ziel, baldmöglichst eine vollkommene Versorgung zu erreichen, jedoch läßt sich der Ausbau nur abschnittsweise vornehmen. Die Schaffung der Grundlagen des Sozialismus und das Wirken des ökonomischen Grundgesetzes des Sozialismus kann man sich nicht, wie Walter Ulbricht auf dem IV. Parteitag der SED sagte, so vorstellen, daß man die maximale Befriedigung der Bedürfnisse der Gesellschaft über Nacht erreicht. Das ökonomische Grundgesetz des Sozialismus besagt, daß die maximale Befriedigung der Bedürfnisse entsprechend dem jeweiligen Stand der Entwicklung der Produktivkräfte erfolgt. Das heißt, wenn wir die Produktivkräfte entwickeln, werden wir höhere Bedürfnisse befriedigen können, und wenn wir schlecht arbeiten, dann sieht es auch mit der Befriedigung der Bedürfnisse schlechter aus. Das ist die ganz einfache Rechnung.

Für die Qualität der Übertragung sind die Weiterentwicklung und Verbesserung unserer Dezimeterrichtfunkverbindungen, die von der Regierung der Deutschen Demokratischen Republik weitgehend gefördert werden, wesentliche Faktoren. Wir müssen darüber hinaus hochwertige Geräte schaffen, die in der Lage sind, mehrere Programme zur gleichen Zeit zu übertragen. Da im allgemeinen eine gute Antenne der beste Hochfrequenzverstärker ist, muß auf die Antennenentwicklung sowohl sende- als auch empfangsseitig erhöhter Wert gelegt werden.

Allerdings gibt es noch Unzulänglichkeiten verschiedener Art sowohl auf dem technischen Sektor als auch in personellen Fragen, die aber überwunden werden müssen. Unbedingt anzuerkennen ist, daß in der kurzen Zeit, die zwischen der Entwicklung und der Inbetriebnahme unserer neuen Sendeanlagen liegt, sehr Wesentliches geleistet wurde. Es gilt nunmehr, Schwächen und Mängel zu beseitigen und die modernste Technik zur Anwendung zu bringen. Hier sei gleichzeitig eine Bitte an die Leser, die bereits Fernsehteilnehmer sind, gerichtet: Helft durch Bekanntgabe der bisherigen Empfangsergebnisse an die nächste Bezirksdirektion für Post- und Fernmeldewesen mit, den Fernsehrundfunk zu fördern. Je lückenloser die Übersicht über die tatsächlichen Empfangsbereiche wird, um so besser läßt sich die planmäßige Versorgung ausbauen. Diese subjektiven Empfangsergebnisse sollen zur Ergänzung der objektiven Messungen ausgewertet werden.

Ein wesentlicher Teil der zu erfüllenden Fernsehaufgaben liegt zweifellos auf der Empfängerseite. Die besten Voraussetzungen für eine breitere Ausdehnung des Fernsehens sind durch die Maßnahme unserer Regierung, noch in diesem Jahr eine größere Menge Fernsehempfänger in der Deutschen Demokratischen Republik zum Verkauf bereitzustellen, gegeben. Um diese Maßnahme im Sinne des neuen Kurses zu verwirklichen, müssen die Röhrenwerke mit größter Initiative dafür Sorge tragen, daß die erforderlichen Stückzahlen der notwendigen Miniatur- und Bildröhren zur Verfügung stehen. Eine weitere Förderung des Fernsehens läßt sich dadurch erzielen, daß die Empfangsgeräte ständig verbessert und zu einem niedrigeren Verkaufspreis angeboten werden.

Häufig wird darüber geklagt, daß die Sendungen nicht einwandfrei zu empfangen sind. Nachprüfungen ergaben, daß diese Fehler in vielen Fällen durch mangelhafte Anlagen verursacht wurden, indem man Antennen unter falschen Voraussetzungen errichtet und betrieben hatte. Um dem abzuhelfen, soll in Zukunft von der HV-RFT in Zusammenarbeit mit dem VEB Funk- und Fernmeldeanlagenbau und den Hauptvertragswerkstätten, Industrieläden und Vertragswerkstätten der RFT allgemein ein Fernsehberatungs- und Fernsehkundendienst eingerichtet werden. Ein Teil dieses Fernsehwartungsdienstes arbeitet bereits. Das Handwerk wird über die Handwerksinnungen in diesen Aufgabenbereich einbezogen, wobei die mit dem Fernsehwartungsdienst beauftragten Kräfte entsprechende Prüfungen ablegen müssen. Um ein gutes Arbeiten des Fernsehwartungsdienstes zu erreichen, muß das Personal in geeigneten Lehrgängen geschult werden, außerdem müssen die notwendigen Hilfsmittel und Meßgeräte zur Verfügung stehen.

In gleichem Maße, wie es gilt, die Sende- und Empfangstechnik zu verbessern, trifft dies auch auf die Grundlagen der Studiotechnik zu. Auch hier bleibt die Entwicklung nicht stehen, sondern geht immer modernere Wege. Das Staatliche Rundfunkkomitee, Fernsehzentrum Berlin, ist bemüht, die Aufnahmetechnik ständig zu verbessern. Zur Erreichung einer größeren Aktualität wurden Maßnahmen für den Einsatz motorisierter Fernsehübertragungsanlagen eingeleitet. Mit der Inbetriebnahme derartiger Anlagen ist auch eine wesentliche Programmverbesserung zu erwarten.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß die Entwicklung des Fernsehens in der Deutschen Demokratischen Republik zwar gute Fortschritte macht, versorgungsmäßig betrachtet aber noch keinen zufriedenstellenden Stand erreicht hat. Aber gerade das Fernsehen ist ein ausgezeichnetes Mittel, um die Verbindung von Stadt und Land zu entwickeln und zu festigen.

Aus dieser Erkenntnis heraus hat der Minister für das Post- und Fernmeldewesen, Friedrich Burmeister, zum Abschluß der kürzlich durchgeführten Postkonferenz aufgezeigt, was getan werden muß, um das Fernsehen und den UKW-Rundfunk beschleunigt auszubauen. Im Staat der Arbeiter und Bauern gehört das Fernsehen dem Volke und dient dazu, die Wahrheit über die Deutsche Demokratische Republik und das große Weltfriedenslager verbreiten zu helfen. Der lebensechte Bildeindruck, in dem sich Ausschnitte aus allen Gebieten der Kunst, Wissenschaft, Technik und Kultur spiegeln, ist ein hervorragendes Überzeugungsmittel. Das Fernsehen soll für unsere Werktätigen zu einer Quelle der Freude und Entspannung werden und ihren Kampf für den Frieden und für die Einheit Deutschlands sichtbar zum Ausdruck bringen.

Gradecki

Wir sind uns bewußt, daß die Wiedervereinigung nicht plötzlich erfolgen, sondern das Ergebnis der gemeinsamen Anstrengungen der demokratischen und friedliebenden Kräfte in Westdeutschland und in der Deutschen Demokratischen Republik sein wird.

Walter Ulbricht

FRIEDRICH SIELAN

Schwingkristalle

In einer allgemein verständlichen Form soll ein prinzipieller Überblick über die Kristallografie und den mechanischen und elektrischen Wirkungsmechanismus des Schwingquarzes gegeben werden. Die Betrachtungen wurden der Verständlichkeit halber auf die Dicken- und Längsschwingungen beschränkt.

Vor 74 Jahren, im Jahre 1880, entdeckten die Gebrüder Curie, daß verschiedene Kristalle bei Druck oder Dehnung in gewissen Richtungen auf bestimmten Flächen elektrische Ladungen ansammelten, wobei sich beim Übergang vom Druck zur Dehnung die Vorzeichen der elektrischen Ladungen umkehrten. Diese Erscheinung nannte man „piezoelektrischer Effekt". Ein Jahr später wurde auf Grund thermodynamischer Überlegungen von G. Lippmann vorausgesagt, daß sich dieser Effekt auch umkehren lassen müßte, das heißt, daß beim Anlegen eines elektrischen Kraftfeldes in bestimmter Richtung zum Kristall in diesem Druck oder Dehnung hervorgerufen wird. Tatsächlich konnte diese Voraussage Lippmanns auch kurze Zeit später von den Gebrüdern Curie experimentell bestätigt werden.

Die Umkehrung des piezoelektrischen Effektes wird deshalb auch als „reziproker oder sekundärer piezoelektrischer Effekt" bezeichnet. Beide Erscheinungen sind für die moderne Hochfrequenztechnik und die Elektroakustik von großer Bedeutung.

I. Die Kristallografie des Quarzkristalls

Der piezoelektrische Effekt tritt nicht nur beim Quarzkristall auf, sondern auch noch bei vielen anderen Kristallen, von denen hier nur Turmalin, Natriumchlorat, Rohrzucker, Zinkblende, Weinsäure und Seignettesalz genannt seien. Von diesen Kristallen interessieren uns hauptsächlich die Quarzkristalle für die Hochfrequenztechnik und die Seignettesalzkristalle für die Elektroakustik.

Alle Kristalle mit piezoelektrischem Effekt haben mindestens eine oder mehrere polare Achsen oder das Fehlen eines Symmetriezentrums gemeinsam. Unter polaren Achsen oder polaren Richtungen versteht man allgemein im Kristall gedachte Linien, deren vordere und hintere Enden nicht gleichwertig und daher nicht vertauschbar sind. Das ist der Fall, wenn man einen Kristall 180° um eine zur polaren Achse senkrecht stehende Achse drehen kann, ohne daß eine Deckung mit der Ausgangsstellung erreicht wird. Das soll an einem übersichtlichen Beispiel dargestellt werden. Im Bild 1 ist ein Struvitkristall gezeigt. Dieser Kristall hat nur eine polare Achse C, die oben durch die Spitze des Kristalls und unten durch eine Kristallfläche geht. Daraus ist schon zu ersehen, daß die beiden Enden dieser Achse nicht gleichwertig sein können, Achse C muß also polar sein. Bei der 180°-Drehung um die senkrecht zur C-Achse eingezeichnete A-Achse wird keine Identität mit der Ausgangsstellung erreicht. Dreht man aber den Kristall (A-Achse) um 180° um die C-Achse, so befindet sich der Kristall wieder mit seiner Ausgangsstellung in Deckung. Die beiden Enden der A-Achse sind demnach gleichwertig. Aus diesen Überlegungen heraus ergibt sich ohne weiteres, daß die C-Achse polar, die A-Achse aber nicht polar ist.

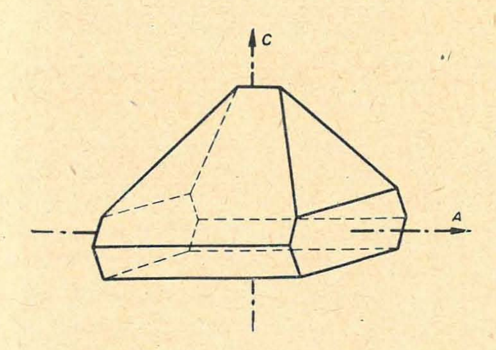


Bild 1: Struvitkristall. An dieser einfachen Kristallform ist sehr leicht zu erkennen, daß dieser Kristall nur eine polare Achse hat, die polare C-Achse

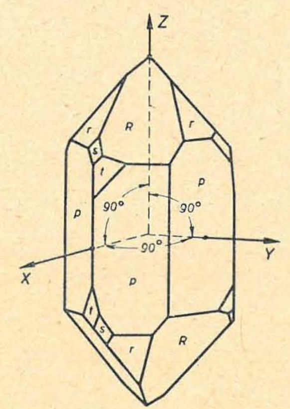


Bild 2: Idealer Quarzkristall. Hier ein sogenannter „Linksquarz". Die Achsen X, Y, Z stehen senkrecht aufeinander ←

Bild 2 zeigt die Skizze eines idealen Quarzkristalls. Er hat die Form eines sechsseitigen Prismas, das an beiden Enden rhomboederförmig abgeschlossen ist. Wie aus den eingezeichneten Linien (Achsen) zu sehen ist, unterscheidet man beim Quarzkristall grundsätzlich drei senkrecht aufeinanderstehende Achsen: Z, X, Y.

Die Z-Achse oder Hauptachse ist eine nicht polare Symmetrieachse, welche die beiden Rhomboederspitzen des sechsseitigen Prismas miteinander verbindet. Sie ist deshalb nicht polar, weil — wie am Beispiel des Struvitkristalls gezeigt wurde — eine 180°-Drehung um eine der X- oder Y-Achsen den Kristall wieder mit seiner Ausgangsstellung in Deckung bringt. Da die Z-Achse in optischer Beziehung auch eine Symmetrieachse darstellt, wird sie auch häufig als „optische Achse" bezeichnet. Die Verbindungslinien je zwei gegenüberliegender Kanten des sechsseitigen Prismas werden X-Achsen genannt. Da dieses Prisma drei gegenüberliegende Kantenpaare hat, gibt es demzufolge auch drei X-Achsen: X_1, X_2 und X_3. Die X-Achsen sind polare Achsen. Das ist bei einem genauen Betrachten von Bild 2 leicht festzustellen: An je einer Kante einer X-Achse liegen mit r, s und t bezeichnete Flächen, die an der gegenüberliegenden Kante fehlen. Demnach sind die Enden der einzelnen X-Achsen nicht gleichwertig, sie sind also polar. Die Polarität der X-Achsen läßt sich aber auch ohne Schwierigkeiten physikalisch und chemisch, zum Beispiel durch die Unterschiedlichkeit eines Ätzvorganges, nachweisen. Für den elektromechanischen Vorgang im Kristall sind die X-Achsen die wichtigsten Achsen, man bezeichnet sie deshalb auch als **elektrische** Achsen.

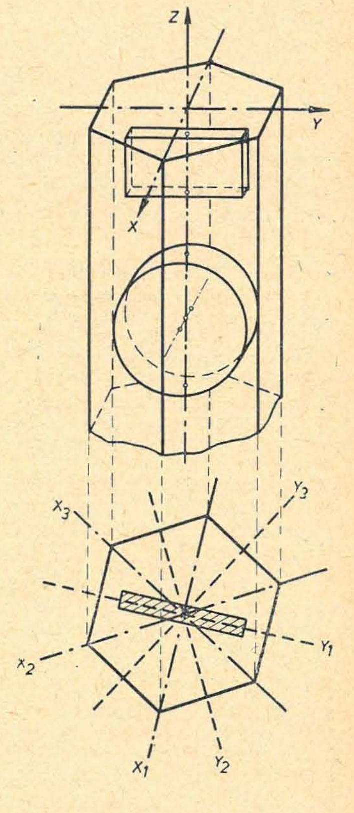


Bild 3: Normale Schnittorientierung der Quarzplättchen →

Aus geometrischen Gründen hat man noch senkrecht zu den X-Achsen, aber in gleicher Ebene, die Y-Achsen eingeführt. Es sind dies die Verbindungslinien zweier sich gegenüberliegender Flächen. Dadurch ergeben sich analog zu den X-Achsen die drei Y-Achsen: Y_1, Y_2, Y_3 (siehe Bild 3). Die X- und Y-Achsen mit gleichen Indizes stehen jeweils senkrecht aufeinander. Damit ergeben sich außer den bisher festgestellten noch folgende Kennzeichen für einen Quarzkristall: Die X-Achsen (auch die Y-Achsen) schließen untereinander einen Winkel von 60° ein. Zwischen zwei aneinanderstoßenden Flächen p ist immer ein Winkel von 120°. Die Fläche R hat zu einer Ebene senkrecht zur Z-Achse eine Neigung von 51° 47'.

Der im Bild 2 dargestellte ideale Quarzkristall ist ein sogenannter Linksquarz,

weil die Flächenfolge p-t-s-r- die Richtung einer Linksschraube annimmt. Der Rechtsquarz ist dazu spiegelbildlich. Bei dem im Bild 2 dargestellten Linksquarz tritt das Plus-Ende der X-Achse aus einer Kante aus, an der die Flächen s-t erscheinen. Das Plus-Ende der Y-Achse ergibt sich dann unter einer r-Fläche. Beim Rechtsquarz liegen die Plus-Enden der X-Achse an jenen Prismenkanten, an denen keine s-t-Flächen erscheinen. Die Plus-Y-Achsen treten aber wieder unter den r-Flächen aus.

Bei der Anwendung des Quarzkristalls in der Schwingungstechnik wird der Quarz in Scheiben, Plättchen oder Stäbchen zugeschnitten, wobei die Form vom jeweiligen Verwendungszweck abhängt. Die Orientierung erfolgt meist nach der im Bild 3 eingezeichneten Art. Dabei ist es gleichgültig, zu welcher der drei X-Achsen der Schnitt orientiert ist.

II. Überblick über die Schwingungstheorie

Beim Quarzschwinger sind grundsätzlich drei Schwingungsarten zu unterscheiden:

1. Dehnungsschwingungen (Längs- oder Dickenschwingungen), auch mit Longitudinalschwingungen bezeichnet.
2. Biegungs- oder Transversalschwingungen.
3. Torsionsschwingungen.

Da die unter 1. genannten Schwingungen in der Technik am verbreitetsten sind und ihr Wirkungsmechanismus leicht verständlich ist, wollen wir uns bei den folgenden Betrachtungen nur darauf beschränken.

Bringt man eine geeignet orientierte Quarzplatte in ein elektrisches Wechselfeld, so wird sie, als Folge des „reziproken piezoelektrischen Effektes", in einer Phase des Wechselfeldes zusammengedrückt und in der darauffolgenden Phase gedehnt. Das bedeutet nichts anderes, als daß das Plättchen mechanische Schwingungen ausführt, deren größte Amplitude erreicht wird, wenn das erregende Wechselfeld mit der Eigenschwingung des Quarzplättchens übereinstimmt.

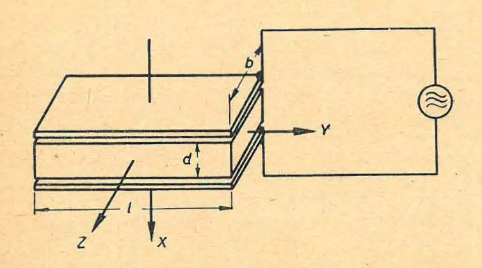


Bild 4: Anordnung der Elektroden zu den Achsen

Bild 4 veranschaulicht ein Quarzplättchen mit der Länge l, der Breite b und der Dicke d zwischen zwei Elektroden, an denen ein elektrisches Wechselfeld liegt. Der Schnitt des Quarzplättchens und seine Lage zwischen den Elektroden seien so, daß die Kraftlinien des elektrischen Wechselfeldes den Quarz in Richtung seiner X-Achse — das ist die normale Orientierung eines Schwingquarzes — schneiden. Durch das Einwirken des elektrischen Wechselfeldes können nun zwei Arten von elastischen, mechanischen Schwingungen auftreten:

Einmal Longitudinalschwingungen in X-Richtung, die mit Dickenschwingungen bezeichnet werden, und zum anderen longitudinale Längsschwingungen in Richtung der Y-Achse auf Grund des transversalen reziproken piezoelektrischen Effektes. Für beide Schwingungsarten lassen sich die Resonanzfrequenzen aus den geometrischen Abmessungen bestimmen. Es gelten folgende Beziehungen:

Für Dickenschwingungen

$$f_d = \frac{k}{2d} \cdot \sqrt{\frac{E}{\varrho}}, \qquad (1)$$

für Längsschwingungen

$$f_l = \frac{k}{2l} \cdot \sqrt{\frac{E}{\varrho}}. \qquad (2)$$

In diesen Gleichungen bedeuten:

f_d = Resonanzfrequenz bei Dickenschwingungen in Hz,
f_l = Resonanzfrequenz bei Längsschwingungen in Hz,
k = Ordnungszahl der Oberschwingung (k = 1 = Grundschwingung),
E = Elastizitätsmodul des Quarzes $= 8{,}51 \cdot 10^{11}$ dyn/cm²,
ϱ = Dichte des Quarzes $= 2{,}654$ g/cm³,
l, b, d = Länge, Breite, Dicke des Quarzes in cm.

(Die angegebene Größe für den Elastizitätsmodul stimmt nur für die Richtung der X-Achse genau, also bei Dickenschwingungen, während für Längsschwingungen, in Y-Richtung, $E = 7{,}73 \cdot 10^{11}$ dyn/cm² ist. Der Einfachheit halber können wir aber mit genügender Genauigkeit für beide Fälle den ersten Wert benutzen.)

In den Gleichungen (1) und (2) ist der Wurzelwert eine konstante Größe. Nach Einsetzen der Zahlenwerte erhalten wir dadurch zwei einfache Formeln:

Für Dickenschwingungen

$$f_d = \frac{k}{d} \cdot 2{,}835 \cdot 10^5, \qquad (3)$$

für Längsschwingungen

$$f_l = \frac{k}{l} \cdot 2{,}835 \cdot 10^5. \qquad (4)$$

Aus diesen beiden letzten Gleichungen ergibt sich ohne weiteres, daß der Zahlenwert $2{,}835 \cdot 10^5$ für den Quarz eine charakteristische Größe darstellt. Man bezeichnet ihn daher auch als Schwingungskoeffizient N_s.

$$\frac{f_d \cdot d}{k} \text{ bzw. } \frac{f_l \cdot l}{k} = 2{,}835 \cdot 10^5 = N_s. \quad (5)$$

Soll das Ergebnis als Wellenlänge ausgedrückt werden, so ergibt sich

$$\lambda_d = \frac{c}{f_d} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot d}{2{,}835 \cdot 10^5 \cdot k}$$

$$\approx 1060 \frac{d}{k} \quad \text{in m}, \qquad (6)$$

$$\lambda_l \approx 1060 \frac{l}{k} \quad \text{in m}, \qquad (7)$$

wobei $N_\lambda = 1060$ = Wellenkoeffizient genannt wird.

Beispiel: Ein Schwingquarz für eine Frequenz von 10 MHz hätte als Dickenschwinger eine Dicke von

$$d = \frac{N_s}{f_d} = \frac{2{,}835 \cdot 10^5}{10 \cdot 10^6}$$

$$= 2{,}835 \cdot 10^{-2} \text{ cm} = 0{,}2835 \text{ mm}.$$

Für einen Sender mit der Wellenlänge von 200 m müßte der Quarz eine Dicke von

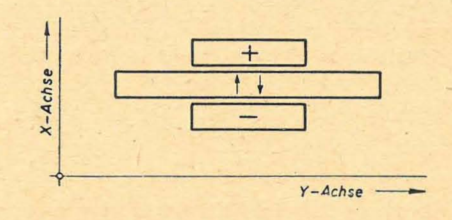


Bild 5: Anordnung der Elektroden zu den Achsen

$$d = \frac{\lambda}{N_\lambda} = \frac{200}{1060} \approx 0{,}188 \text{ cm} \approx 1{,}88 \text{ mm}$$

haben.

Wie bereits aus den Gleichungen (1) und (2) durch den Faktor k für die Ordnungszahl der Oberschwingungen hervorgeht, läßt sich ein Quarz auch in seinen Oberschwingungen anregen. Dabei ist die Anregung in ungeradzahligen Oberschwingungen (k = 1; 3; 5; 7 ... usw.) leicht durchführbar, während sie für die geradzahligen Oberschwingungen größere Schwierigkeiten bereitet. In den meisten Fällen sind dazu Anordnungen mit mehr als zwei Elektroden erforderlich, was aus den folgenden Betrachtungen hervorgeht.

Das Bewegungsschema der Quarzteilchen für verschiedene Längsschwingungen

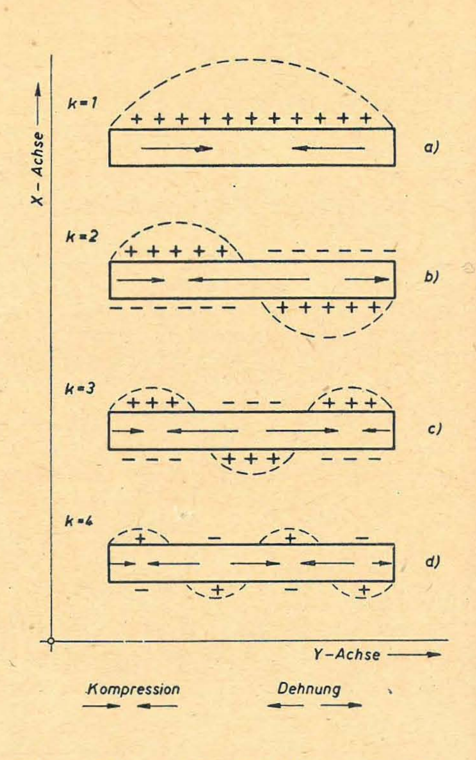


Bild 6: Schematische Darstellung der Quarzteilchenbewegung bei Anregung in verschiedenen Oberschwingungen

ist im Bild 6 für die Oberschwingungen $k = 1$ bis 4 dargestellt. Die gezeichnete Ordinate stellt die Lage der X-Achse und die Abszisse die Lage der Y-Achse dar. Die Kraftlinien schneiden den Quarz in Richtung der X-Achse.

Nach Bild 6a erfolgt die Anregung in der Grundschwingung (auch als 1. Oberschwingung bezeichnet). Die eingetragenen Polaritätssymbole zeigen die Polarität der elektrischen Ladungen in einer bestimmten Phase, während die aufeinanderzeigenden Pfeile die Bewegungsrichtung der Quarzteilchen andeuten. Es findet hier also eine Kompression (Verdichtung) der Stabteilchen statt, worauf natürlich in der nächsten Phase durch Umkehrung der Ladungen eine Dehnung erfolgt.

Ganz anders liegen die Verhältnisse im Falle von Bild 6b. Hier wird der Quarz in der 2. Oberschwingung angeregt. Interessant ist hier die Druckverteilung im Quarzstab. In der linken Hälfte des Stabes erfolgt eine Kompression und in der rechten Hälfte eine Dilatation (Dehnung). Wäre nur ein die ganze Länge bedeckendes Elektrodenpaar vorhanden, müßte dieses im Quarzstab durch ein elektrisches Feld zu gleicher Zeit in der einen Hälfte eine Verdichtung und in der anderen Hälfte eine Dehnung der Stabteilchen hervorrufen. Das ist unmöglich. Beachtenswert ist außerdem die Ladungsverteilung an den Oberflächen. Die Summe der elektrischen Ladungen ist sowohl an der oberen als auch an der unteren Fläche gleich Null. Das würde bei Verwendung nur eines Elektrodenpaares für die geradzahligen Oberwellen bedeuten, daß gar kein Kraftfeld entstehen dürfte. Daher ist leicht einzusehen, daß sich der Quarzstab in geradzahligen Oberschwingungen nur durch Mehrelektrodensysteme oder durch ein Elektrodenpaar von der Länge einer elastischen Halbwelle anregen läßt. Diese Feststellungen gelten für alle geradzahligen Oberschwingungsanregungen.

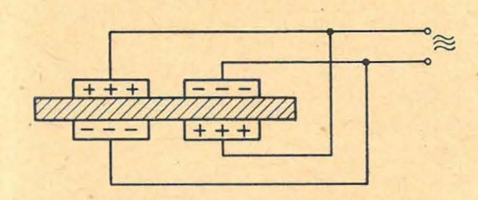


Bild 7: Elektrodenanordnung bei Anregung in der 2. Oberschwingung

Wesentlich günstigere Voraussetzungen ergeben sich bei der Anregung in ungeradzahligen Oberschwingungen, wie es aus Bild 6c hervorgeht. Der aufmerksame Betrachter wird eine Ähnlichkeit mit Bild 6a feststellen können. Hier heben sich die Ladungen der einzelnen Oberflächen bis auf die Ladung längs einer Halbwelle gegenseitig auf. Oder anders ausgedrückt: Die Summe der Ladungen der einzelnen Oberflächen ist gleich der Summe der Ladungsverteilung einer Halbwelle. Das heißt nichts anderes, als daß sich der Quarzstab so verhält, als wenn nur ein Elektrodenpaar von der Länge einer Halbwelle vorhanden wäre. Daraus resultiert, daß sich der Quarz in seinen ungeradzahligen Oberschwingungen mit einem Elektrodenpaar gleicher Anordnung wie bei der Grundschwingung anregen läßt.

Bei Bild 6d handelt es sich um die Anregung in der 4. Oberschwingung. Hierfür gilt das für Bild 6b Gesagte.

III. Das elektrische Ersatzschaltbild des Schwingquarzes

Die elektrischen Äquivalenzwerte

Für die elektrischen Funktionen des Schwingungsvorganges in Abhängigkeit von der Frequenz läßt sich beim Quarzkristall ein elektrisches Ersatzschaltbild nach Bild 8 aufstellen.

Dieses elektrische Ersatzschaltbild besteht aus der Reihenschaltung einer Induktivität L mit einem ohmschen Widerstand R und der Kapazität C. Parallel zu dieser Reihenschaltung liegt die Kapazität C_F der Quarzhalterung. Daraus ist ohne weiteres zu erkennen, daß der Schwingquarz in seinem elektrischen Verhalten einem elektrischen Schwingkreis gleichwertig ist, wobei die Fassungskapazität C_F mit den Schaltkapazitäten des Schwingkreises verglichen werden kann.

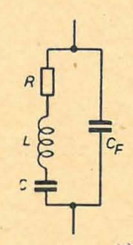


Bild 8: Elektrisches Ersatzschaltbild des Schwingquarzes

Die Berechnung der Äquivalenzwerte zum elektrischen Schwingkreis geht aus der nachfolgenden Formelzusammenstellung für die beiden Schwingungsarten hervor.

Für Längsschwingungen gilt:

$$R = \frac{\varrho \cdot Q \cdot \pi^2}{8 \cdot \varepsilon_{11}^2} \cdot \frac{d}{l \cdot b} \cdot 9 \cdot 10^{11} \quad \text{in } \Omega, \quad (8a)$$

$$L = \frac{\varrho}{8 \cdot \varepsilon_{11}^2} \cdot \frac{l \cdot d}{b} \cdot 9 \cdot 10^{11} \quad \text{in H}, \quad (8b)$$

$$C = \frac{8 \cdot \varepsilon_{11}^2}{E \cdot \pi^2} \cdot \frac{l \cdot b}{d} \cdot \frac{1}{9 \cdot 10^{11}} \quad \text{in F}, \quad (8c)$$

$$C_F = \frac{\varepsilon}{4 \cdot \pi} \cdot \frac{l \cdot b}{d} \cdot \frac{1}{9 \cdot 10^{11}} \quad \text{in F}. \quad (8d)$$

Für Dickenschwingungen gilt:

$$R = \frac{\varrho \cdot Q \cdot \pi^2}{8 \cdot \varepsilon_{11}^2} \cdot \frac{d}{l \cdot b} \cdot 9 \cdot 10^{11} \quad \text{in } \Omega, \quad (9a)$$

$$L = \frac{\varrho}{8 \cdot \varepsilon_{11}^2} \cdot \frac{d^3}{l \cdot b} \cdot 9 \cdot 10^{11} \quad \text{in H}, \quad (9b)$$

$$C = \frac{8 \cdot \varepsilon_{11}^2}{E \cdot \pi^2} \cdot \frac{l \cdot b}{d} \cdot \frac{1}{9 \cdot 10^{11}} \quad \text{in F}, \quad (9c)$$

$$C_F = \frac{\varepsilon}{4 \cdot \pi} \cdot \frac{l \cdot b}{d} \cdot \frac{1}{9 \cdot 10^{11}} \quad \text{in F}. \quad (9d)$$

In diesen Formeln bedeuten:

- l, b, d = Länge, Breite, Dicke des Quarzes in cm,
- ϱ = Dichte des Quarzes = 2,654 g/cm³,
- Q = Koeffizient der inneren Reibung des Quarzes = 0,25,
- ε_{11} = piezoelektrische Konstante = — 4,77 · 10⁴,
- E = Elastizitätsmodul des Quarzes = 8,51 · 10¹¹ dyn/cm²,
- ε = Dielektrizitätskonstante des Quarzes = 4,55.

Werden diese Konstanten in die obigen Gleichungen eingesetzt, so ergeben sich folgende vereinfachte Formeln:

Für die Längsschwingungen:

$$R = 325 \cdot \frac{d}{l \cdot b} \quad \text{in } \Omega, \quad (10a)$$

$$L = 131 \cdot \frac{l \cdot d}{b} \quad \text{in H}, \quad (10b)$$

$$C = 2{,}405 \cdot \frac{l \cdot b}{d} \, 10^{-3} \quad \text{in pF}, \quad (10c)$$

$$C_F = 0{,}402 \cdot \frac{l \cdot b}{d} \quad \text{in pF}. \quad (10d)$$

Für die Dickenschwingungen:

$$R = 325 \cdot \frac{d}{l \cdot b} \quad \text{in } \Omega, \quad (11a)$$

$$L = 131 \cdot \frac{d^3}{l \cdot b} \quad \text{in H}, \quad (11b)$$

$$C = 2{,}405 \cdot \frac{l \cdot b}{d} \cdot 10^{-3} \quad \text{in pF}, \quad (11c)$$

$$C_F = 0{,}402 \cdot \frac{l \cdot b}{d} \quad \text{in pF}. \quad (11d)$$

Die elektrische Schwingungsresonanz

Bei Vernachlässigung der Fassungskapazität C_F ergibt sich für den Scheinwiderstand

$$\mathfrak{R} \approx R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \quad (12)$$

und für die Resonanzfrequenz als sogenannte Serienresonanzfrequenz

$$f_s \approx \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}} \quad \text{in Hz}. \quad (13)$$

Setzt man in diese Formel die Werte aus den Gleichungen (8) bzw. (9) ein, so erhält man wieder die Gleichungen (1) bzw. (2). Für die Dickenschwingung ergibt sich als Dämpfung

$$\delta_d = \frac{R}{2 \cdot L} = \frac{1{,}24}{d^2} \quad (14)$$

und als log. Dämpfungsdekrement

$$\vartheta_d = \pi \cdot R \sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{4{,}37}{d} \cdot 10^{-6}. \quad (15)$$

Analog dazu für die Längsschwingungen

$$\delta_l = \frac{R}{2 \cdot L} = \frac{1{,}24}{l^2}, \quad (16)$$

$$\vartheta_l = \pi \cdot R \sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{4{,}37}{l} \cdot 10^{-6}. \quad (17)$$

Aus diesen Betrachtungen geht eindeutig hervor, daß Schwingquarze auf Grund ihres sehr großen L/C-Verhältnisses eine vielfach geringere Dämpfung besitzen, als sie mit normalen Schwingkreisen zu erreichen ist, was wiederum mit einem vielfach höheren Resonanzwiderstand und mit einer sehr großen Resonanzschärfe gleichbedeutend ist.

Wird entsprechend Bild 8 die Fassungskapazität C_F mit berücksichtigt, so ergibt sich eine zweite Resonanzfrequenz f_p, die mit Parallelresonanzfrequenz bezeichnet wird:

$$f_p = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \frac{C \cdot C_F}{C + C_F}}}. \quad (18)$$

Diese Resonanzfrequenz f_p liegt etwas oberhalb der Serienresonanzfrequenz f_s. Der Abstand v beider Resonanzfrequenzen voneinander beträgt

$$v = \frac{2\,\Delta f}{f} = \frac{C}{C_F}. \quad (19)$$

Aus dem Vergleich der Serienresonanz mit der Parallelresonanz ersieht man, daß die Serienresonanzstelle nur von den Schwingquarzeigenschaften abhängt, während die Lage der Parallelresonanzstelle zur Serienresonanzstelle sich aus den Halterungs-, Quarzscheiben- und Schaltungskapazitäten ergibt.

Die Lage dieser beiden Resonanzstellen zueinander ist in den Bildern 9 und 10 gezeigt.

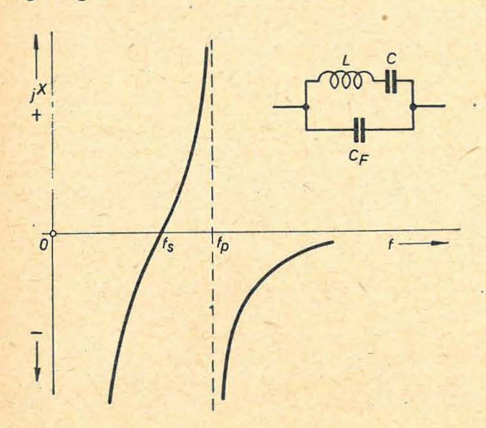


Bild 9: Blindwiderstandsverlauf eines Schwingquarzes f_s = Serienresonanzstelle, f_p = Parallelresonanzstelle

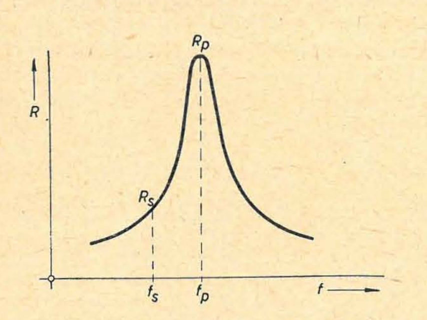


Bild 10: Wirkwiderstandsverlauf eines Schwingquarzes

R_s = Wirkwiderstand bei Serienresonanz f_s

R_p = Wirkwiderstand bei Parallelresonanz f_p

Literatur

A. Scheibe, Piezoelektrizität des Quarzes, Steinkopf, Dresden, 1938.

W. Herzog, Siebschaltungen mit Schwingkristallen. Dietrich, Wiesbaden, 1949.

C. Rint, Handbuch für HF- und Elektrotechniker, Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik, Berlin, 1953.

H. Pitsch, Lehrbuch der Funkempfangstechnik, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1950.

L. Bergmann, Der Ultraschall und seine Anwendung, S. Hirzel-Verlag, Stuttgart, 1949; Schwingende Kristalle, B. G. Teubner, Leipzig, 1951.

W. Voigt, Lehrbuch der Kristallphysik, B. G. Teubner, Leipzig, 1928.

F. Vilbig, Lehrbuch der HF-Technik, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.

Ing. WALTER TÖLLE

Funkentstörung

Allgemeines

Die am 28. August 1952 erlassene Verordnung über Hochfrequenzanlagen (HFVO) und ihre zur Zeit gültigen Durchführungsbestimmungen scheinen in den Fachkreisen noch recht wenig bekannt zu sein. Es besteht aber die dringende Notwendigkeit, dem Gebiet der Entstörung von Hochfrequenzanlagen mehr Beachtung zu schenken.

Durch die folgende Veröffentlichung sollen den Entwickler- und Herstellerbetrieben Hinweise und Erläuterungen zur Hochfrequenzverordnung und ihren Durchführungsbestimmungen gegeben werden.

Entstörungspflichtige Anlagen im Sinne der Hochfrequenzverordnung sind alle Geräte und Anlagen, die Hochfrequenz im Bereich von 10 kHz bis 3000000 MHz erzeugen oder verwenden (§ 1 der HFVO). Der Betrieb dieser Anlagen ist nach § 2 der gleichen Verordnung genehmigungspflichtig.

Diese Genehmigungen erteilt die Deutsche Post nach Vorstellung und Überprüfung der Anlagen und Geräte.

Hierunter fallen:

1. Hochfrequenzgeräte und Anlagen zur Wärmeerzeugung für industrielle Zwecke,
2. medizinische Hochfrequenzgeräte und -anlagen,
3. Hochfrequenzgeräte und -anlagen für Meß-, Forschungs-, Unterrichts- und andere Zwecke,
4. demnächst Rundfunk- und Fernsehgeräte.

Anlagen, die unter die fernmeldegesetzlichen Bestimmungen fallen, gehören nicht dazu. In beschränktem Umfang sind Anlagen, die Hochfrequenz als unbeabsichtigte Nebenwirkung erzeugen, ebenfalls entstörungspflichtig.

Die Aufgabe und das Ziel der HFVO ist die Forderung nach einer möglichst geringen Störabstrahlung dieser Geräte bei einem Aufwand mit wirtschaftlich tragbaren Mitteln.

Begriffserklärung

Man unterscheidet im allgemeinen zwei Arten der Störausbreitung: die Störspannung und die Störstrahlung. Die Störspannung wird auf der Netzleitung an einer Netznachbildung z. Z. zwischen 0,15 und 20 MHz gemessen, die Störstrahlung als Feldstärke im gesamten HF-Bereich.

Zur letzten Definition kommt noch die der Störweite. Während Störstrahlung und Störspannung in Absolutwerten elektrischer Größen ausgedrückt werden, ist die Störweite bei einem def. Meßempfänger die Entfernung, bei der die Störung gerade noch wahrnehmbar ist. Zur Zeit mißt man von diskreten Frequenzen die Störspannung und die Störstrahlung und von Störspektren die Störweite. Dies ist durch die Eigenart der Störer und die Schwierigkeit ihrer Messung bedingt.

Grenzwerte

Als Ausführungsbestimmungen zur Hochfrequenzverordnung gelten die einschlägigen Bestimmungen des Vorschriftenwerkes Deutscher Elektrotechniker (VDE). Sie werden von der Kammer der Technik zusammen mit der Industrie und der Deutschen Post erarbeitet.

Begründet durch die Eigenart der einzelnen HF-Anlagen und der anzuwendenden Meßmethoden gibt es verschiedene Vorschriften. Sie sind alle unter der Gruppe 8 in der Reihe 7 (087..) zusammengefaßt.

Für elektromedizinische Hochfrequenzgeräte gilt VDE 0871 Teil 1/12. 52. Hier werden folgende Grenzwerte der Störspannung und Störstrahlung festgelegt:

Geräte, die auf den international zugeteilten Industriefrequenzen arbeiten (13,56 MHz ± 0,05%; 27,12 MHz ± 0,6%; 40,68 MHz ± 0,05%), dürfen in der Grundwelle unbegrenzt strahlen und ihre Oberwellen in 100 m Entfernung keine größere Störstrahlung als 225 μV/m haben. Die Oberwellen, die in das 3. Fernsehband fallen (174 bis 216 MHz), das sind die 7. Harmonische von 27,12 MHz und die 5. Harmonische von 40,68 MHz, dürfen in 30 m Entfernung 30 μV/m nicht überschreiten.

Inwieweit Beschränkungen für die Oberwellen, die in das erste Fernsehband (41 bis 68 MHz) fallen, auferlegt werden, wird die Praxis zeigen. Dieses gilt für die 3. und 4. Oberwelle von 13,56 MHz und die 1. Oberwelle von 27,12 MHz.

Zusätzlich zu den angegebenen Grenzwerten der Störstrahlung für Industriefrequenzen müssen diese Geräte noch eine bestimmte Frequenztoleranz einhalten. Bis Ende des Jahres 1954 sind es für alle drei Frequenzen ± 0,7%, ab 1. 1. 1955 gelten die oben angegebenen internationalen Frequenztoleranzen.

Alle Geräte, die außerhalb dieser Frequenzen arbeiten, dürfen in 100 m Entfernung 45 μV/m als Störstrahlung auf der Grundwelle, ihren Oberwellen und den Nebenwellen nicht überschreiten. Die Störspannung, das gilt für Frequenzen im Bereich von 150 kHz bis 20 MHz, muß dem Entstörgrad N (Normal) genügen. Geräte, die auf den Frequenzen 415 bis 445 kHz und 1,62 bis 2 MHz arbeiten, brauchen nur dem Entstörgrad G (grob) zu genügen (s. Bild).

Für Hochfrequenzchirurgiegeräte gelten besondere Bestimmungen, die in den §§ 5e 1. bis 3. und 7d 1. bis 3. sowie 7e des VDE 0871 Teil 1/12.52 enthalten sind.

Für industrielle Hochfrequenzgeneratoren wird in Kürze VDE 0871 Teil 2 als Ausführungsbestimmung zur HF-Verordnung erscheinen. Die von dieser VDE-Bestimmung zu erwartenden Grenzwerte der Störspannung und Störstrahlung sollen nur als unverbindliche Richtwerte angegeben werden. Zunächst gelten auch hier die gleichen Bedingungen für die In-

dustriefrequenzen wie bei medizinischen Geräten. Hinzu kommt noch ein Band mit der Nennfrequenz von 2400 MHz ±50 MHz.

Über die Grenzwerte der Oberwellen der Industriefrequenzen kann noch nichts ausgesagt werden. In Westdeutschland sind sie auf 225 μV/m in 100 m Abstand festgelegt. Alle übrigen Frequenzen werden, wie bei den medizinischen HF-Geräten, eine maximale Störstrahlung von 45 μV/m in 100 m Entfernung haben dürfen.

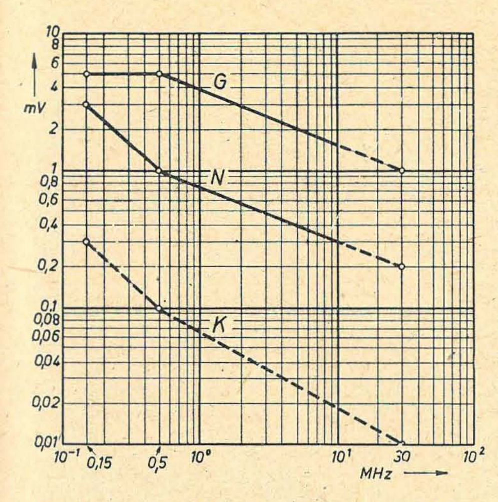
Die Störstrahlung in den Fernsehbändern darf in der Regel nur 30 μV/m in 30 m Entfernung betragen. Welche Werte für das 1. Fernsehband (41 bis 68 MHz) festgelegt werden, kann man noch nicht sagen. Es wird vom VDE weiter empfohlen, die Frequenzbänder der Flugnavigationsfrequenzen (108 bis 118 MHz und 328,6 bis 335,4 MHz) nicht zu benutzen.

Für die Störstrahlung gilt ferner, daß die Anlage ausreichend entstört ist, wenn sie in 100 m Entfernung vom Industriegelände in den einzelnen Frequenzbereichen und in 30 m Entfernung in den Fernsehkanälen die vorgeschriebenen Grenzwerte einhält.

Für sämtliche Geräte gilt, daß sie in 1500 m Entfernung vom Aufstellungsort nicht mehr als 10 μV/m strahlen dürfen.

Die geforderten Entstörgrade für die Störspannungen sind abhängig von der Leistung der Generatoren. Anlagen mit einer HF-Leistung bis 2 kW müssen durch Vorentstörung vom Hersteller dem Entstörgrad N genügen. Generatoren mit Leistungen zwischen 2 und 10 kW dürfen Störspannungen bis zum Störgrad G aufweisen. Generatoren mit Leistungen über 10 kW werden meistens nur auf einem größeren Werkgelände aufgestellt. Ihre Vorentstörung auf die genannten Entstörgrade ist mit wirtschaftlich tragbarem Aufwand sehr schwierig. Deshalb werden bei ihnen die Störspannungen an der Grenze des Industriegeländes gemessen. Hier darf der Funkentstörgrad N nicht überschritten werden.

Man erkennt auch Anlagen als ausreichend entstört an, wenn sie an der Grenze ihrer Betriebsräume, soweit diese innerhalb von Wohngelände liegen, den Funkstörgrad N aufweisen.



Höchstwerte der Funkstörspannungen auf Leitungen für die Funkstörgrade G, N und K

Die Entstörung der Industriegeneratoren dürfte eines der größten Probleme auf diesem Gebiete sein, da es sich hier meist um Anlagen mit hohen Leistungen handelt. Aber nicht nur die Generatoren allein, sondern auch die Arbeitsvorrichtungen, die mit zur Anlage gehören, werden starken Einfluß auf die Störstrahlung haben. Die allseitige Schirmung durch Käfige oder durch mit Metallfolie ausgeschlagene Räume wird hier die wirksamste Entstörmaßnahme sein.

Für die UKW-Rundfunk- und Fernsehgeräte liegen bis heute noch keine verbindlichen Grenzwerte fest. Vorbereitende Arbeiten sind im Gange und werden nach Abschluß voraussichtlich unter der Kennziffer VDE 0872/II erscheinen. In Westdeutschland hat die Bundespost vorläufig als Empfehlung für die Störabstrahlung von UKW-Rundfunk- und Fernsehgeräten bei Frequenzen bis 108 MHz 1 mV/m in 30 m Abstand und ab 108 MHz 30 μV/m in 30 m Entfernung festgelegt. Diese Werte sollen bei keiner Betriebsbedingunge überschritten werden (bei Anschalten von Schnüren, wie 2. Lautsprecher, mit und ohne Antenne und auch mit und ohne Erde). Die Praxis hat gezeigt, daß gerade diese Leitungen mit $^1/_4$ der Wellenlänge oft als starke Strahler wirken. Sogar die Netzzuleitung kann bei entsprechender Länge in Resonanz kommen und die Störabstrahlung erheblich vergrößern.

In den USA sind die Entstörbestimmungen noch schärfer. Man fordert hier als Höchstwert der Störabstrahlung von Rundfunk- und Fernsehgeräten 15 μV/m in 30 m Abstand. Dieser Wert resultiert aus einer festgelegten Versorgungsfeldstärke von 3 mV/m und einem Stör-Nutz-Verhältnis von 1 : 200.

Das oben Genannte bezieht sich in der Hauptsache auf die Oszillatorabstrahlung. Aber auch die ZF kann unter Umständen für den Fernsehempfang erhebliche Störungen auf der Grundwelle und ihren Oberwellen erzeugen (1. Band).

Neben der Störstrahlung muß der Unterdrückung der Störspannungen, die sich über die Netzleitung ausbreiten, Beachtung geschenkt werden. Ihre Verminderung erfolgt am zweckmäßigsten durch geeignete Schaltungsmaßnahmen bei der Geräteherstellung, wie Einbau von Drosseln und Siebgliedern und durch Abschirmen der störenden Teile. Zusätzlich zu den aufgezeigten Störquellen am Rundfunkempfänger kann der Fernsehempfänger noch erhebliche Störungen mit seinem Bild- und Zeilenkipp erzeugen.

Meßgeräte

Eine bedauerliche Tatsache ist bei uns das Fehlen geeigneter Meßgeräte, mit denen man auf breitester Basis die Entstörung nach der HFVO vornehmen könnte. Aber schon mit einfachsten Geräten kann man aufschlußreiche Versuche durchführen. So läßt sich zum Beispiel ein Rundfunkgerät, das einen UKW-Teil enthält, für subjektive Störbewertungen verwenden. Steht zusätzlich ein Fernsehempfänger zur Verfügung, dann kann man auch in diesem Frequenzgebiet Beobachtungen anstellen. Hierzu ist nicht immer ein Fernsehsender notwendig. Halbwellengeneratoren, die mit als die übelsten Störer betrachtet werden können, lassen sich so im Fernsehbereich auf ihre Störungen überprüfen. Rüstet man ein Rundfunkgerät mit einem Meßinstrument aus, das im Kurz-, Mittel- und Langwellenbereich in Reihe mit dem Diodenarbeitswiderstand und im UKW-Bereich als Strom- oder Spannungsmesser in die Phasenbrücke geschaltet wird, dann kann man hiermit relative Vergleichsmessungen durchführen. Bei Eichung dieser Geräte im Normalfeld lassen sich sogar näherungsweise Absolutwerte angeben.

Zu den Geräten, die auf den internationalen Industriefrequenzen arbeiten, sei noch gesagt, daß man bei ihnen das Hauptaugenmerk auf die Unterdrückung der Oberwellen richten muß. Einen geringen Klirrgrad erreicht man nicht immer allein durch Schirmung; auch die Art der Schaltung ist hierfür ausschlaggebend. Dabei muß natürlich ein Kompromiß zwischen Wirkungsgrad und aufgewendeten Entstörmaßnahmen getroffen werden.

Schlußbetrachtung

Die hier veröffentlichten Ausführungen beziehen sich nur auf einen kleinen Teil des Gebietes der Funkentstörung. Die in der Zukunft im Zusammenhang mit diesem Problem noch zu leistende Arbeit, wie Bestimmung der zulässigen Störempfindlichkeit von Antennenanlagen, Rundfunk- und Fernsehgeräten und die Festlegung von zu liefernden Mindestnutzfeldstärken wird noch sehr umfangreich sein. Desgleichen die Absolutmessung von Störspektren (Kraftfahrzeugstörungen u. ä.). Trotzdem hoffen wir, daß nach Abschluß des Volkswirtschaftsplanes auch ein großer Teil der Aufgaben der Funkentstörung gelöst sein wird.

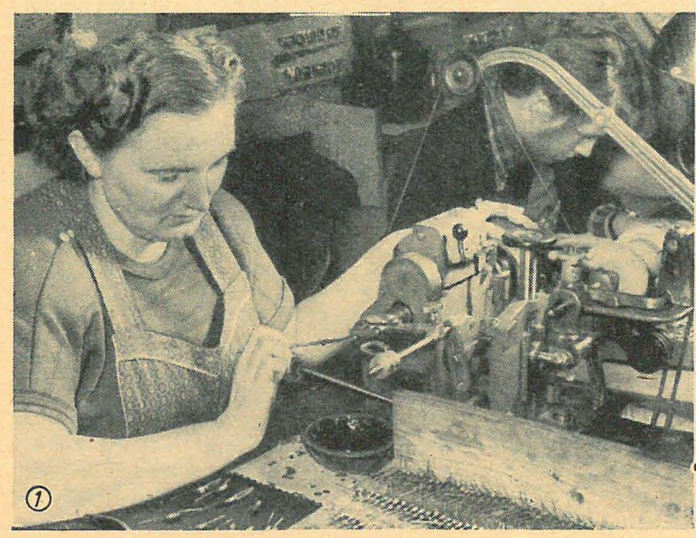
UKW-Ausbreitungsmessung am Modellversuch

Herr Postrat Prokott beschreibt im Dezemberheft (1953) der Telefunkenzeitung ein „einfaches Verfahren zur Beurteilung der UKW-Ausbreitung innerhalb der Sichtweite“.

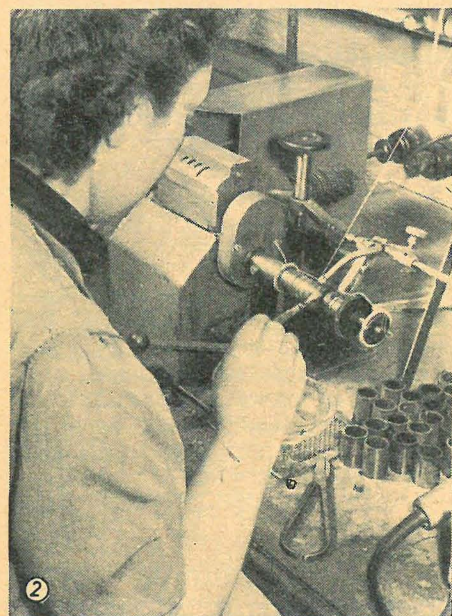
Grundlage ist das lichtähnliche Verhalten ultrakurzer Wellen. Das zu versorgende Gebiet wird als Relief ausgeführt und in entsprechender Höhe der Sendeantenne am geplanten Standort ein nach oben abgedecktes Lämpchen angebracht. Die Lichtverteilung mit Licht- und Schattengebieten entspricht der zu erwartenden Feldstärkeverteilung. Um die bei UKW im Gegensatz zum Licht auftretenden Ausbreitungsunterschiede zu berücksichtigen, werden erfahrungsgemäß verschiedene Maßstäbe verwendet, zum Beispiel für die Fläche 1 : 100 000 und die Höhe 1 : 5000. Der Erdradius wird mit 4/3 R berücksichtigt. Praktische Messungen zeigten überraschende Übereinstimmung.

Wolf

Fernseh-Empfängerproduktion im VEB



(1) Auf einer Kreuzwickelmaschine erfolgt das Wickeln der Korrekturdrosseln. Als Spulenträger wird ein normaler Schichtwiderstand verwendet



(2) Mit größter Sorgfalt werden die freitragenden kapazitätsarmen Kreuzwickelspulen des Zeilentransformators auf einem Hartpapierrohr gewickelt

Nur wenige Jahre sind erst seit der Zeit vergangen, als man über den Trichterlautsprecher des Rundfunks spottete und die ersten Filmvorführungen für ausgemachten Unfug hielt. Doch die Fortschritte der Technik ließen schnell erkennen, daß selbst Einrichtungen, die noch vor wenigen Jahrzehnten Utopie und Phantasie zu sein schienen, bald zur Selbstverständlichkeit wurden. Vor nicht allzu langer Zeit hat man auch das Fernsehen noch als technische Spielerei bezeichnet, obwohl es jetzt schon in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts größte kulturelle Bedeutung hat. In wenigen Jahren werden Millionen von Werktätigen in der Deutschen Demokratischen Republik, die heute nur am Hörrundfunk teilnehmen, auch jene künstlerischen Darbietungen unserer Fernsehstationen wahrnehmen können. Mängel, die heute sowohl den Fernsehversuchssendungen als auch noch der Technik anhaften, werden dann zur Vergangenheit gehören. Das Fernsehen wird mehr sein als eine Übertragung schlechthin, wenn die Autoren und Regisseure sich nicht mehr an das binden, was ihnen die Technik zur Zeit erlaubt, sondern wenn die Künstler an die Technik Forderungen stellen, die zu erfüllen es eine der vornehmsten Aufgaben unserer Techniker sein muß.

Wenn im Sinne des neuen Kurses unserer Regierung der staatliche und genossenschaftliche Handel in der Deutschen Demokratischen Republik noch in diesem Jahr eine größere Zahl Fernsehempfänger vom VEB Sachsenwerk Radeberg zum Verkauf erhält, dann ist das zweifellos ein verheißungsvoller Auftakt für den Fernsehrundfunk, da vielen schaffenden Menschen die Möglichkeit der Teilnahme geboten wird.

Ein großes Hindernis bei der Popularisierung des Fernsehens besteht zur Zeit leider noch durch die verhältnismäßig hohen Anschaffungskosten des Empfängers. Während ein Einkreiser, dessen Verkaufspreis bei etwa 50 DM liegt, den Empfang des nächstgelegenen Rundfunksenders zuläßt und so die Teilnahme am Hörrundfunk gestattet, liegen die Verhältnisse beim Fernsehempfänger völlig anders. Hier läßt sich ein bestimmter Mindestaufwand keinesfalls unterschreiten, wenn man ein brauchbares Fernsehbild fordert. Der Unterschied zwischen dem billigsten und dem teuersten Fernsehempfänger ist auch nicht in etwa zu vergleichen mit dem Unterschied zwischen dem kleinsten Rundfunkgerät, also dem Einkreiser, und dem Großsuper mit mehreren Lautsprechern. Schon die Gegenüberstellung, daß zum Beispiel der Mittelsuper Olympia 532 WU mit 5 Röhren und der Fernsehempfänger Rembrandt mit 23 Röhren bestückt ist, läßt erkennen, daß allen Preissenkungsmaßnahmen recht bald Grenzen gesetzt sind. Selbstverständlich ist auch die Fertigung nicht nur umfangreicher, sondern erfordert auch eine wesentlich größere Präzision und einen besonderen Aufwand an mechanischen und elektrischen Prüfungen. Bedenkt man, daß die vierfache Zahl an Widerständen und die doppelte Anzahl



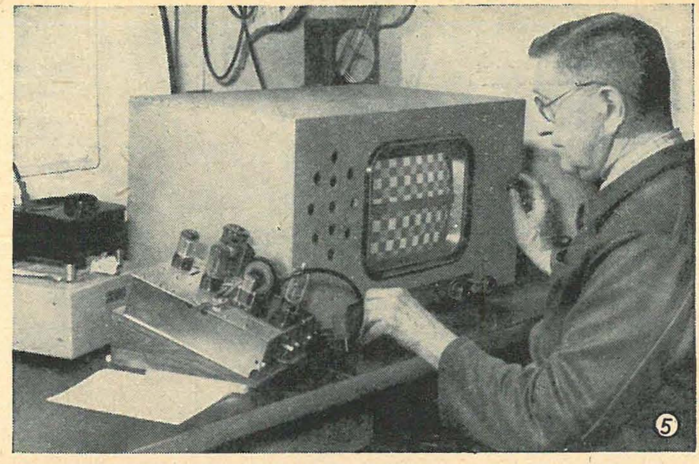
(3) Die Windungsenden an den Spulen des Zeilentransformators werden sorgfältig festgelegt



(4) Jede Zeilentransformatorspule wird auf die vorgeschriebene Induktivität hin überprüft

Sachsenwerk Radeberg

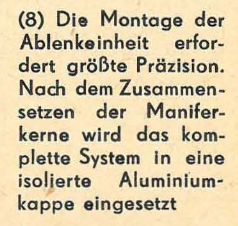
Kondensatoren notwendig sind, daß statt 175 Lötstellen beim Olympia 550 Lötstellen beim Fernsehempfänger Rembrandt mit einer weit größeren Sorgfalt ausgeführt werden müssen, daß der Aufbau ein Mehrfaches an Transformatoren, Drosseln, Sperrkreisen, Bandfiltern und Spulen erfordert, dann sind auch die weit größeren Schwierigkeiten der Fernsehempfängerproduktion gegenüber der Rundfunkgeräteproduktion verständlich. Um insbesondere den Werktätigen des Rundfunkmechanikerhandwerks, die im Rahmen des autorisierten RFT-Reparaturdienstes maßgeblich an der Instandhaltung der verkauften Fernsehempfänger beteiligt sein werden, einen Einblick in den präzisen Fabrikationsprozeß zu vermitteln, besuchten wir den VEB Sachsenwerk Radeberg.



(5) Bei der Funktionsprüfung des Zeilentransformators werden die Hochspannung, die Zeilenlinearität und die Rückläufe gemessen



(7) Beim Wickeln der Spulensätze für das Ablenksystem ist zu beachten, daß die Drähte parallel verlaufen



(8) Die Montage der Ablenkeinheit erfordert größte Präzision. Nach dem Zusammensetzen der Maniferkerne wird das komplette System in eine isolierte Aluminiumkappe eingesetzt



(6) Mit 15 kV wird der Zeilentransformator auf Durchschlagsfestigkeit geprüft. In dem verdunkelten Raum sind die geringsten Sprüherscheinungen und Spannungsüberschläge erkennbar

In den langgestreckten hellen Werkräumen des volkseigenen Betriebes wird unermüdlich gearbeitet mit dem Ziel, die Qualität der Erzeugnisse, an die ohnehin schon auf Grund der Abnahmebedingungen der großen Exportaufträge sehr hohe Forderungen gestellt werden, ständig zu steigern.

In der Wickelei entstehen die verschiedenartigsten Spulen sowohl für die in den Fernsehempfängern erforderlichen Drosseln, Bandfilter, HF-Kreise, Netztransformatoren als auch für die Zeilentransformatoren, Ablenksysteme usw. Insbesondere der Werdegang des Zeilentransformators und des Ablenksystems, zwei für den Fernsehempfänger typische Baugruppen, dürften besonders interessieren.

Nach dem sorgfältigen Wickeln der freitragenden, kapazitätsarmen Kreuzwickelspulen des Zeilentransformators auf ein Hartpapierrohr werden die Spulen auf ihre vorgeschriebene Induktivität hin überprüft. Wegen der beim Betrieb des Zeilentransformators auftretenden sehr hohen Lagenspannung müssen beim Wik-



(9) Nach beendeter Montage der Ablenkeinheit erfolgt eine Hochspannungsprüfung mit 2,5 kV auf Schluß Zeilenspule gegen Bildspule bzw. gegen Masse



keln der Spule Kanten und Spitzen vermieden werden. Um Sprüherscheinungen und Spannungsüberschläge zu vermeiden, erhalten die Wicklungen anschließend eine Schutzschicht aus Kabelisoliermasse. Bei der Montage des Zeilentransformators wird darauf geachtet, daß alle Lötstellen kugelförmig ausgeführt werden. Grundsätzlich unterliegt jeder Zeilentransformator nach beendeter Montage einer Funktionsprüfung. Zu diesem Zweck wird er an einen Prüfempfänger angeschlossen, so daß man neben der linearen Ablenkung die Rücklauflänge überprüfen und die erzielte Hochspannung messen kann. Der Zeilentransformator des Fernsehempfängers Rembrandt ist im Aufbau nicht nur wesentlich kleiner, sondern auch einfacher als der Zeilentransformator des Empfängers Leningrad T 2. Durch den HF-Eisenkern Manifer 4 wird bei jedem Transformator etwa 0,7 kg hochwertiges Dynamoblech eingespart, das Zusätze des Engpaßmaterials Permaloy enthält.

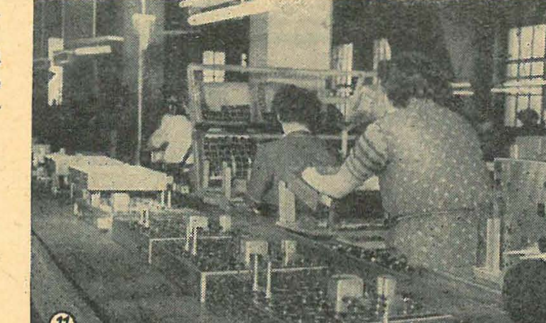
Besondere Schwierigkeiten bereitet die Fertigung guter Ablenksysteme, vor allem die Herstellung und die Montage der Ablenkspulen. Lediglich die parallel zum Elektronenstrahl verlaufenden Windungsabschnitte einer Ablenkspule gestatten ein Ablenken des Strahls, während die quer zum Elektronenstrahl verlaufenden Windungsabschnitte als Teil einer Konzentrationsspule anzusehen sind. Nähert sich der Strahl beim Ablenken diesen Windungsabschnitten, so wird er mehr oder weniger große astigmatische Verzeichnungen, also tonnen- oder kissenförmige Bildfeldverzerrungen, bewirken. Verhältnismäßig homogene Ablenkfelder lassen sich durch scharfes Abbiegen dieser Windungsabschnitte erzielen. Beim Wickeln der Ablenkspulen ist auch zu beachten, daß die Drähte vollkommen parallel verlaufen. Vom Entwicklungslabor wird bei allen Spulen außer einer Widerstands- und Induktivitätsmessung auch eine Prüfung auf Windungsschluß vorgeschrieben. Im Anschluß daran erfolgt die Montage der Ablenkeinheit. Zum Vermeiden von Bildverzerrungen ist eine genau definierte Lage der einzelnen Spulen und der Paare zueinander erforderlich. Nach dem Abbiegen der Spulen werden die Zeilenspulen mit Isolierklammern zusammengehalten und auf ein Hartpapierrohr geschoben. Anschließend erfolgt die Montage der Bildspulen, über die eine Isolierschale angeordnet wird, um sie gegen den Maniferkern zu isolieren. Die Erhöhung der Induktivität durch Manifer bringt bei einem gleichen ohmschen Widerstand der Spule eine günstigere Zeitkonstante und eine größere Ablenkung bei geringerem Aufwand an Strom und Draht. Ein unmittelbarer Kontakt der geschliffenen Flächen beider Hälften des Maniferringes ist notwendig, da der Vorteil des Manifers schon bei einem Luftspalt von einigen Zehntel Millimetern restlos in Frage gestellt wäre. Die beiden Kernhälften des Maniferringes werden mit gewachstem Leinband zusammengebunden und in eine isolierte Aluminiumkappe eingesetzt. Das Zentrieren des Ablenksystems in der Kappe erfolgt durch eine Wellblecheinlage, durch das sogenannte Klemmenband. Um die Bildröhre oder auch die Schaltelemente des Fernsehempfängers nicht zu gefährden, muß nach beendeter Montage der Ablenkeinheit eine Hochspannungsprüfung auf Schluß Zeilenspule gegen Bildspule bzw. gegen Masse durchgeführt werden.

Ein farbenprächtiges Bild bieten die Arbeitsplätze, an denen die Kabelbäume von geschickten Frauenhänden geformt und gebunden werden. 54 der verschiedensten sowohl abgeschirmten als auch unabgeschirmten Drähte mit einem Durchmesser von 0,5 bis 1,2 mm werden in einem beachtlichen Tempo nach dem vorgezeichneten Plan sorgfältig verlegt.

Eine gesonderte Baugruppe bildet die Aufbauplatte für den HF-Teil mit dem Bereichsschalter und dem Antennenkreis. Zum Abstimmen des Oszillatorkreises dient ein als Dielektrikum ausgeführter, zwischen zwei Statoren angeordneter Rotor. Ist der Schalter fertig vormontiert, gelangen die Baugruppen zu den Prüf- und Abgleichplätzen.

Bevor die Montage der Transformatoren, Drosseln, Bandfilter, Potentiometer und Blockkondensatoren auf den von der Stanzerei angelieferten Chassis

(10) Vor dem Abbinden des geformten Kabelbaumes werden 54 verschiedene Drähte nach einem vorgezeichneten Plan verlegt



(11) Mechanisches Montageband

(12) Einbau der Doppelpotentiometer am Vormontageband

(13) Mechanische Kontrolle am Vormontageband. Am ersten mechanischen Kontrollplatz werden die bereits montierten Teile auf ihre richtige Anordnung hin überprüft und sämtliche Schrauben durch Lack gesichert



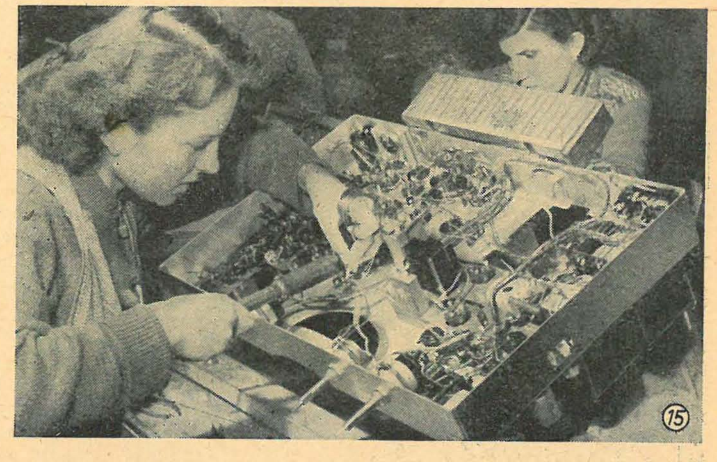


(14) Gesamtansicht des Montagebandes

beginnt, werden die Röhrenfassungen durch Federringe befestigt und alle erforderlichen Lötstützpunkte mit Hilfe einer Schablone eingenietet. Am ersten mechanischen Kontrollplatz überprüft man die bereits montierten Teile auf ihre richtige Anordnung und sichert sämtliche Schrauben durch Lack. Die jedem Chassis beigegebene Geräteprüfkarte, auf der die Gerätenummer vermerkt ist, erhält nach der Überprüfung einen Kontrollstempel, den die Prüferin noch durch ihre Kontrollnummer ergänzt.

Das gesamte aus 68 Arbeitsplätzen gebildete Montageband ist in vier Bereiche unterteilt. Im ersten Bereich, in der sogenannten Vormontage, erfolgt der bereits beschriebene Auf- bzw. Einbau der Einzelteile. Die Heizleitungen, die blanken Drahtverbindungen und der Kabelbaum werden im zweiten Bereich des Montagebandes eingelegt, an den zugeordneten Lötösen befestigt und zum Teil angelötet. Während man im dritten Bereich die Montage der Schaltelemente vornimmt, sind die Montagearbeiterinnen im vierten Bereich damit beschäftigt, den HF-Teil, den Zeilentransformator und das Ablenksystem zu befestigen sowie die erforderlichen Drahtverbindungen herzustellen.

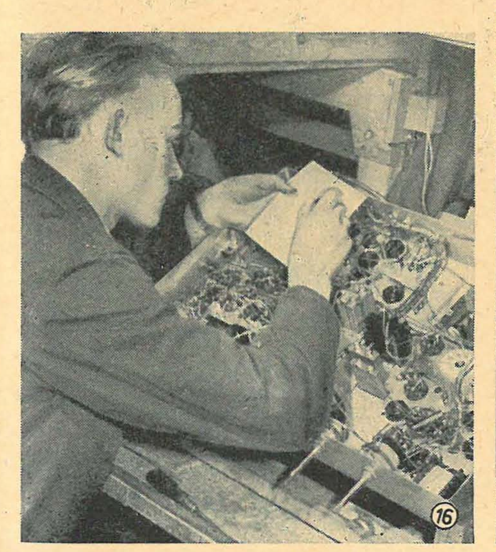
Am zweiten mechanischen Kontrollplatz werden nicht nur die an den 13 davor liegenden Arbeitsplätzen ausgeführten Lötstellen überprüft und gelackt, sondern auch die richtige Lage der Drahtverbindungen überwacht. Im dritten Bereich des Fließbandes, den der erste elektrische Prüfplatz abschließt, befestigt man an jedem Chassis ein kleines Holzkästchen, das die Arbeiterinnen der Aufbereitung vorher mit einer bestimmten Anzahl von Schaltelementen gefüllt haben. Je nach der für die einzelnen Arbeitsstufen notwendigen Zeit wird das am Chassisrand angehängte Magazin teilweise über drei, vier oder auch über acht Arbeitsplätze mitgeführt. Die Möglichkeit, daß den weniger gut eingearbeiteten Montiererinnen durch Fehlgriffe in die sonst notwendigen Einzelteilbehälter am Arbeitsplatz Schaltfehler unterlaufen können, ist durch diese Maßnahme weitgehend eingeengt, da jede Montagearbeiterin nach Ablauf ihres Arbeitsganges durch einen Blick in das Holzkästchen eine zweckmäßige Selbstkontrolle ausüben kann. Je nach der Schwierigkeit der einzelnen Griffe werden die Arbeitsstufen an einem Arbeitsplatz so gegliedert, daß für jeden Arbeitsgang eine gleiche Zeit zur Verfügung steht. Bis zum ersten elektrischen Prüfplatz, an dem der Vorabgleich der ZF-Filter für den Ton sowie des Diskriminators und die Überprüfung des NF-Tonverstärkers erfolgt, haben die Chassis bereits fünf Arbeitsplätze passiert, an denen eine sorgfältige mechanische Kontrolle vorgenommen wurde. An jedem Kontrollplatz haben die Prüferinnen alle hinzugekommenen Lötstellen geprüft, mit Lack überzogen und bei der



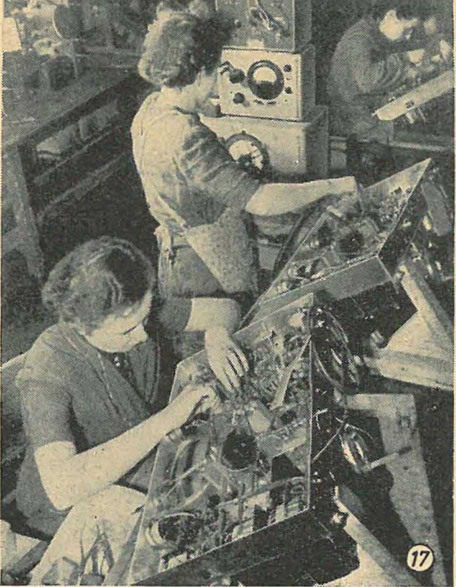
(15) Arbeitsplatz am Montageband. Am oberen Chassisrand ist deutlich das eingehängte, mit den Schaltelementen gefüllte Magazin zu erkennen

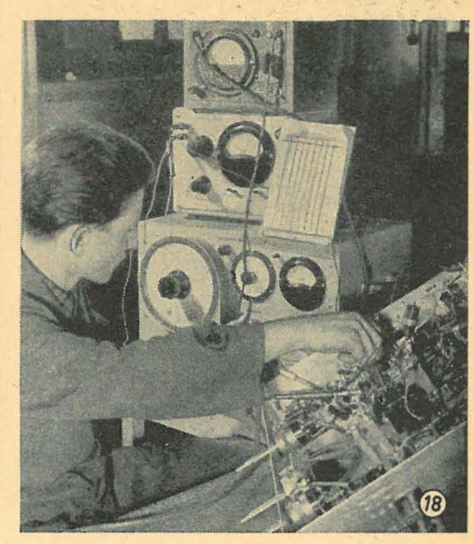


(17) Am ersten elektrischen Prüfplatz erfolgt der Vorabgleich des Diskriminators und des ZF-Filters für den Ton. Der NF-Tonverstärker wird überprüft



(16) Am Kontrollplatz erfolgt das Überprüfen der ausgeführten Lötstellen



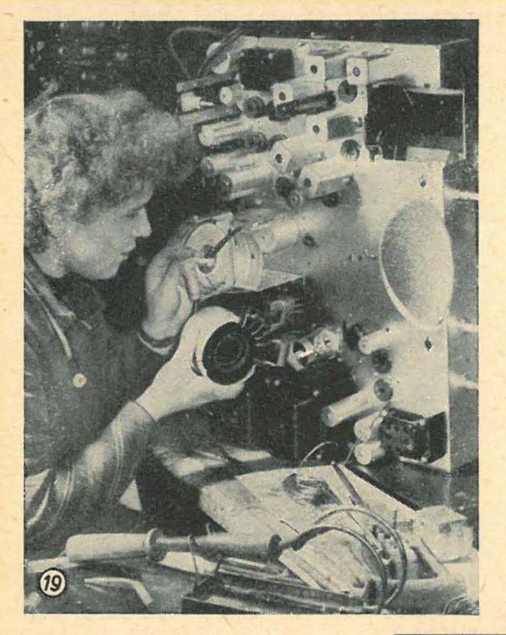


(18) Vorabgleich der ZF-Filter für den Bildkanal

Schaltung auf ordnungsgemäße Verdrahtung geachtet. Die in der Geräteprüfkarte eingetragenen Kontrollstempel und Kontrollnummern der Prüferinnen erlauben eine ständige Überwachung ihrer Tätigkeit. Ergeben sich bei den elektrischen Vorprüfungen Fehler, so führt man die Chassis gesonderten Reparaturplätzen zu, an denen Spezialisten die Mängel beheben. Auf Grund der Erfahrungen werden entstandene Fehler zum größten Teil schon an den Kontrollstellen beseitigt, so daß ein kontinuierlicher Ablauf am Montageband gewährleistet ist. Unmittelbar hinter dem sechsten mechanischen Kontrollplatz wird der HF-Teil eingebaut. Nach einer weiteren Kontrolle gelangt das Chassis zum Vorabgleich der ZF-Filter für den Bildkanal an den zweiten elektrischen Prüfplatz. Durch Vergleich mit einem Quarzgenerator werden alle Meßsender an den Prüfplätzen auf Frequenzabweichungen hin überwacht, so daß stets eine genaue Definition der Frequenzen möglich ist. Der Frequenzvergleich untersteht der Technischen Kontrolle.

Nach beendetem Oszillatorvorabgleich werden der Zeilentransformator, die Abschirmwände für den Zeilenkipp und die Ablenkeinheit montiert. Hat das Chassis den achten mechanischen Kontrollplatz verlassen, gelangt es zur Funktionsprüfung des gesamten Kippteiles. Die Prüfbildröhre ist entsprechend den Unfallverhütungsvorschriften mit einer Schutzhaube umgeben. Mit Hilfe eines zugeführten Videosignals werden alle Regeleinrichtungen kontrolliert. Die neunte mechanische Kontrolle erfolgt an der Schüttelmaschine, sobald das Chassis mit trockener Preßluft gesäubert und mit Vaseline leicht gefettet wurde, um es vor Korrosion zu schützen. Während der Schüttelprüfung muß jedes Chassis bei einem Hub von 5 mm 30 Minuten lang insgesamt 3000 Schläge ertragen, ohne daß sich ein Lockern der Bauteile feststellen lassen darf. Ist die grüne, als Laufzettel dienende Prüfkarte ausgeschrieben und mit der Nummer des Gerätes versehen, werden das Datum der Schüttelprüfung und die Kontrollnummer des Prüfers eingetragen. Im Prüffeld muß an jedem Meßplatz ein Kontrollstreifen abgerissen und die Meßwerte in der Prüfkarte vermerkt werden. Nach der Montage des elektrodynamischen Ovallautsprechers wird das Chassis am zehnten mechanischen Kontrollplatz noch einmal gründlich überprüft, ob sich Einzelteile gelockert haben, ob Drähte gebrochen oder verbogen sind. Ständige, am gleichen Arbeitsplatz durchgeführte Stichproben erlauben, alle Prüfungen der am Montageband verteilten Kontrolleure ausreichend zu überwachen. Sobald das Chassis vom Bestückungsraum aus mit Röhren bestückt wurde, gelangt es zum ersten oder zweiten Meßplatz, an dem man den Frequenzgang des Videoverstärkers sowie des NF-Tonkanals durch die Aufnahme von Kurven kontrolliert, die Empfindlichkeit mißt und den Klirrfaktor des NF-Tonkanals feststellt.

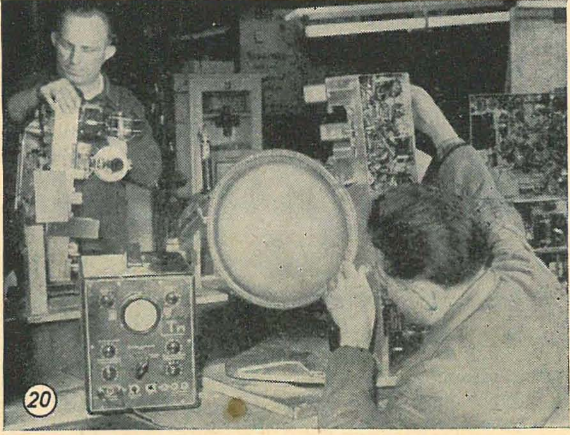
Am dritten Meßplatz erfolgt der Abgleich des ZF-Tonkanals, des ZF-Bildkanals und des Diskriminators. Die ein-



(19) Einbau des Ablenksystems

(20) Funktionsüberprüfung des Kippteiles am Montageband. Die Prüfbildröhre ist entsprechend den Unfallverhütungsvorschriften mit einer Schutzhaube umgeben

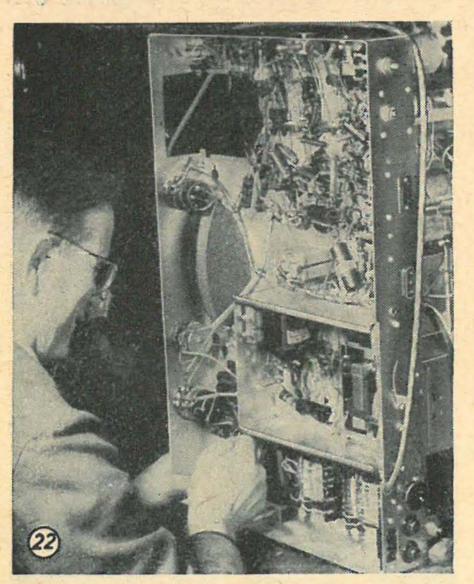
(21) Auf dem Tisch einer Schüttelmaschine werden jeweils zwei Chassis gespannt und 30 Minuten einer Hartschüttelprüfung unterzogen

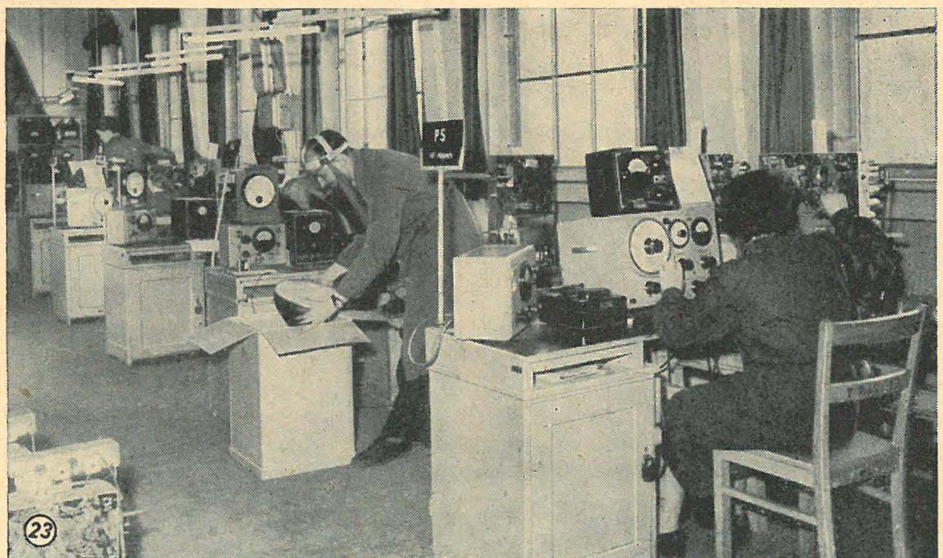


(22) Am Fließband werden von der neutralen Stelle der „Technischen Kontrolle" die Drahtverbindungen und Lötstellen überprüft



(23) Fließbandmäßiger Abgleich der Fernsehgeräte im Prüffeld. Die verschiedenen Abgleichvorgänge werden an mehreren Arbeitsplätzen vorgenommen



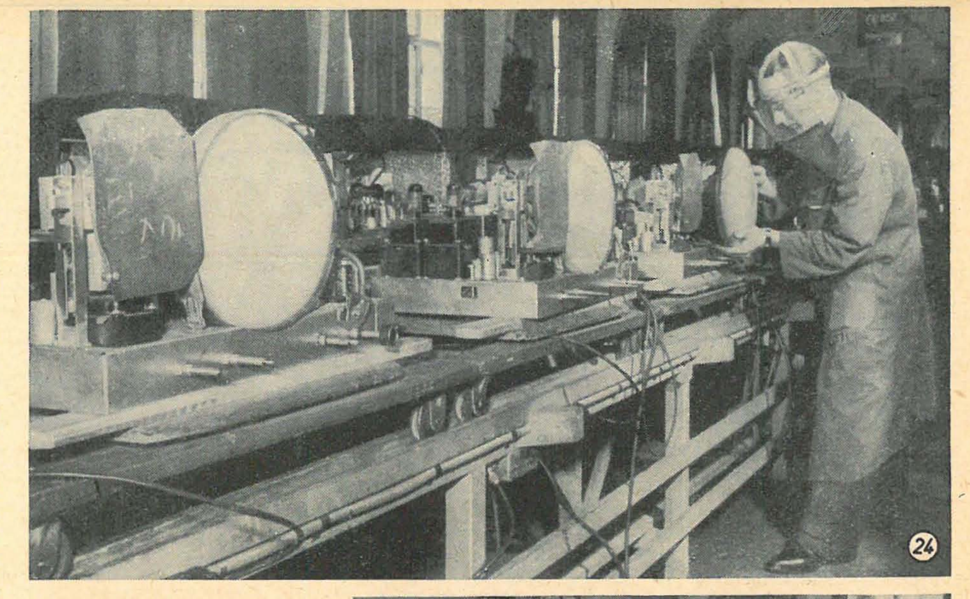


zelnen Meßwerte werden beim Durchdrehen des Meßsenders punktweise aufgenommen und müssen die gewünschten Kurvenformen ergeben. Neben der Empfindlichkeit des ZF-Ton- und Bildkanals wird auch die Steilheit des Diskriminators gemessen. Eine Kontrolle des Kippteiles, bei der man durch Nachjustieren der Fokussierspule und des Ablenksystems eine Zentrierung und Linearisierung de Gesamtbildes erreicht, führt man am vierten Meßplatz durch. Auf dem Bildschirm eines Oszillografen lassen sich die Impulsformen an den vorgesehenen Meßpunkten überprüfen. Ohne besondere Meßmittel gestattet auch das auf dem Schirm der Fernsehbildröhre erscheinende Testbild, viele Fehler des Empfängers zu erkennen. Neben eventuellen Abgleichmängeln lassen sich auch leicht Fehler der maßgeblich am Bildeindruck beteiligten Bildröhre erkennen. Ein geübtes Auge kann sehr schnell feststellen, ob ein Fehler im Niederfrequenzteil, in der Ablenkschaltung oder im Hochfrequenzteil vorliegt. Voraussetzung ist, daß man die vorgeschriebenen Normenwerte für den Modulationsgrad und die Amplitude des hochfrequenten Trägers einhält. Für die Funktionsprüfung der Empfänger steht eine werkseigene Fernsehsendeanlage zur Verfügung.

Das für eine schnelle und einfache Prüfung von Fernsehempfängern notwendige Testbild mit schachbrettartig angeordneten Feldern, die schwarz bzw. weiß sind oder in die man durch sinusförmige Spannung mit einer Frequenz von 4,5 MHz perlenkettenähnliche weiße Punktreihen eintastet, wird neben den stehenden Fernsehbildern eines Diapositivabtasters mit dem Begleitton vom Senderaum aus übertragen. Die Kontrolle sowohl des frequenzmodulierten Tonsenders, der Magnettonband- und Schallplattenaufnahmen überträgt, als auch der normgerecht zusammengesetzten Fernsehsignale erfolgt an einem übersichtlichen Regiepult durch Prüfempfänger, getrennt für jeden der drei zur Verfügung stehenden Fernsehkanäle.

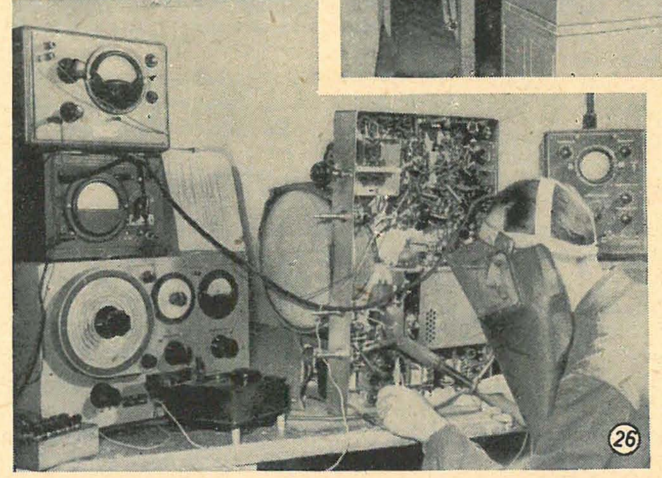
Nach der Chassisendkontrolle wird jedes Gerät einem achtstündigen Dauerbetrieb ausgesetzt. Um die Betriebsbedingungen nachzubilden, bringt man das Chassis in einem sogenannten Interimsgehäuse unter. Der Dauerlauf wird in 2×4 Stunden mit $^1/_2$ Stunde Unterbrechung durchgeführt, wobei eine ständige Überwachung der Geräte erfolgt. Die Gütekontrolle überprüft an mehreren Arbeitsplätzen die Kurvencharakteristik sowie die Empfindlichkeit des Empfängers. Nur einwandfreie Geräte werden zum Einbau in das Gehäuse freigegeben. Anschließend erfolgt noch eine sich auf die gesamte Funktion des Fernsehempfängers erstreckende Schlußprüfung. Ist die Politurkontrolle beendet, werden die fertigen Geräte zu Serien zusammengestellt. Aus diesen Serien entnimmt die Werkabnahme einige Geräte und führt mit denselben Typenprüfungen durch. Erst wenn die Typenprüfung ergeben hat, daß die Prüflinge in allen Punkten den technischen Lieferbedingungen entsprechen, werden die Geräte zur Verpackung und somit zum Versand freigegeben.

Kiehle



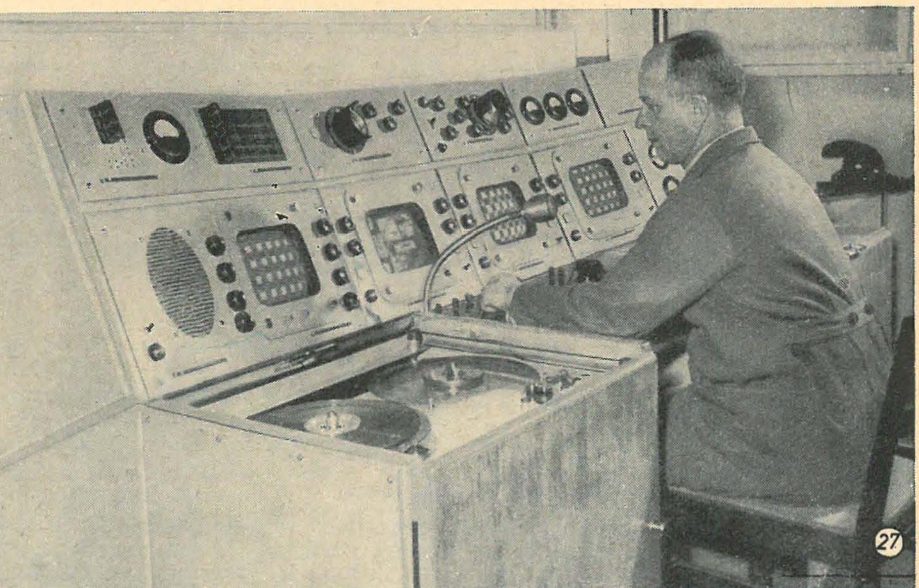
(24) Einsetzen der Bildröhren für den Dauerbetrieb der Fernsehgeräte „Rembrandt". Zum Schutz gegen Implosionen der Bildröhren muß der Prüfer seine Arbeit mit einer Schutzmaske verrichten

(25) Nach der Überprüfung durch die Gütekontrolle erfolgt der Einbau des Chassis, in das hochglanzpolierte Edelholzgehäuse



(26) Am Fehlersuchplatz werden ausgefallene Fernsehgeräte von Spezialisten untersucht und die Fehler beseitigt. Der Arbeitsplatz ist mit den notwendigsten Meßmitteln, wie Meßsender, Röhrenvoltmeter, Oszillografen usw., ausgerüstet

(27) Regiepult im Senderaum. Eine eigene Sendeanlage im Werk liefert die erforderlichen Bild- und Tonsignale zum Prüfen der Fernsehgeräte



Erfahrungsaustausch und Reparatur-kniffe

Eine neue UY 11?

[Siehe RADIO UND FERNSEHEN Nr. 4 (1954) S. 117]

Die Röhre UY 11 ist eine stromgeheizte Röhre, bei der der Heizstrom I_f auf den Sollwert 100 mA einzustellen ist, wobei die dazu benötigte Heizspannung um einen mittleren Wert von 50 V streuen darf. Die in der Zuschrift des Herrn Bienert, Meiningen, genannte UY 11 mit dem zusätzlichen Buchstaben „S" gehört zu einem beschränkten Posten UY 11, bei dem die Streuung der Heizspannungswerte in unvorhergesehener Weise bis hinauf zu max. 60 V reichte. Da dieser Röhrenposten jedoch in seinen wesentlichen elektrischen Werten, nämlich der abgegebenen Gleichspannung und dem Isolationswiderstand zwischen Heizfaden und Katode, völlig normal lag, wäre es bei dem außerordentlichen Röhrenbedarf der Geräteindustrie auf gar keinen Fall vertretbar gewesen, diesen Röhrenposten zu vernichten. Deshalb wurde in diesem Fall eine Sonderregelung getroffen.

VEB Röhrenwerk Anna Seghers, Neuhaus

Fernsehempfänger für den Empfang von Fernsehsendern mit verschiedenem Bild-Tonabstand

[Siehe DEUTSCHE FUNK-TECHNIK Nr. 3 (1954) S. 66 und RADIO UND FERNSEHEN Nr. 5 (1954) S. 146]

Die Stellungnahme des Herrn Lange, Radeberg, zu dem Beitrag „Fernsehempfänger für den Empfang von Fernsehsendern mit verschiedenem Bild-Tonabstand" läßt den Eindruck entstehen, daß Herr Lange diesen Artikel nicht eingehend verarbeitet hat, denn sonst würden sich die vielen Widersprüche in seiner Zuschrift nicht erklären lassen. Eingangs wird behauptet, daß der Eindruck entstehe, nur bei Anwendung des Zwischenträgerverfahrens sei der Empfang von Fernsehsendern verschiedener Normen möglich. Davon kann überhaupt keine Rede sein. Richtig ist, daß das beschriebene Verfahren nur beim Zwischenträgerverfahren angewendet werden kann. Andere technische Lösungen werden dadurch keineswegs ausgeschlossen. Da das Zwischenträgerverfahren aber große Vorteile gegenüber dem Paralleltonverfahren aufweist (in den USA arbeiten bereits 85% aller Fernsehempfänger nach diesem Prinzip, in anderen Ländern sieht es ähnlich aus), wurde bei der Entwicklung des im Beitrag beschriebenen Fernsehempfängers dieses System zugrunde gelegt. Unverständlich ist der Satz: „Man kann aber sagen, daß das Gegenteil der Fall ist". Die Behauptung, daß der Verfasser nur beim Zwischenträgerverfahren zur Anwendung bestimmter Schaltungen gezwungen ist, entspricht nicht den Tatsachen. Hätte Herr Lange die Schaltung aufmerksam studiert, so hätte er feststellen müssen, daß sich die angegebene Schaltung in keiner Weise von den üblichen Schaltungen des Zwischenträgerverfahrens unterscheidet. Es sind weder Schaltelemente noch Schalter bzw. Schaltkontakte zusätzlich verwendet worden. Das ganze Verfahren ist lediglich eine Trimmangelegenheit von bestechender Einfachheit. Im nächsten Satz wird dies alles bereits als Nachteil bezeichnet. Während Herr Lange wörtlich behauptet: „Man kann aber sagen, daß das Gegenteil der Fall ist", weist er selbst auf die Nachteile dieses Gegenteiles (Paralleltonverfahren) hin.

Die nun folgende Behandlung des Paralleltonverfahrens mag ja für einen gewissen Leserkreis interessant sein, gehört aber nicht zur Stellungnahme und wirkt daher nur verwirrend.

Als Mangel wird angeführt, daß das Videoband nur der Norm von 5,5 MHz entspricht. Dies ist richtig, aber nicht entscheidend, da es beim Bildsender schon große Schwierigkeiten bereitet, ein Videoband von 5 MHz einwandfrei auszustrahlen.

Unter b) wird weiter behauptet, daß im ZF-Kanal nur vier Tonfallen zur Verfügung stehen, die alle für den Eigenton verwendet werden, so daß zum Unterdrücken des Nachbarbildes bzw. Nachbartonkanals keine Fallen mehr zur Verfügung stehen. Das ist falsch. Es können z. B. in den Katodenleitungen der ZF-Röhren weitere Fallen eingekoppelt werden. Dies hat sich aber als nicht notwendig erwiesen, und zwar aus folgenden Gründen: Betrachtet man zunächst die Unterdrückung des Nachbarbildträgers, so muß man sich vergegenwärtigen, daß die Norm, gleichgültig ob OIR oder CCIR, einen ungetasteten Restträger von 10% vorschreibt. Da das Zwischenträgerverfahren auf diesem ungetasteten Restträger basiert, erübrigt sich in diesem Falle eine besondere Maßnahme zur Unterdrückung des Nachbarbildträgers, da dieser ja ebenfalls den ungetasteten Restträger von 10% einhalten muß. Durch die hohe Verstärkung des Tonträgers im gesamten Bild-ZF-Kanal beim Zwischenträgerverfahren genügt sowieso ein Tonanteil von 5%.

Der zweite Fall betrifft die Unterdrückung des Nachbartonkanals. Hier ist für die Trennschärfe vor allem die Breite der Nyquistflanke des eigenen Empfängers maßgebend. Bei einem richtig berechneten und ausgeführten ZF-Verstärker ist die vorgeschriebene Breite der Flanke von 1,5 MHz einwandfrei zu erreichen. Hat der Fernsehempfänger zum Beispiel eine Flankenbreite von 3 MHz, was leider schon vorgekommen ist, so muß selbstverständlich mit dem Tonkanal des Nachbarsenders eine Störung eintreten. Wie bereits oben angedeutet, ist es im Bedarfsfall jederzeit möglich, hierfür eine Tonfalle einzusetzen.

Die Tondemodulation wurde anfangs mit Flankengleichrichtung durchgeführt und ergab einwandfreie Resultate. Es ist ein Irrtum, anzunehmen, daß nur mit Diskriminator oder Ratiodetektor eine qualitätsmäßig einwandfreie Demodulation möglich sei. Bei technisch richtiger Ausführung kann dies auch mit Flankengleichrichtung erreicht werden. Die Steilheit der Gleichrichterflanke ist allerdings geringer als bei Diskriminatorschaltungen. Dies wird aber durch die hohe Vorverstärkung beim Zwischenträgerverfahren ausgeglichen. In der endgültigen Ausführung wurde dann eine Diskriminatorschaltung verwendet (ohne Umschaltung).

Ing. Ernst Schreiber, Berlin

Farbkennzeichnung der Kleinstschichtwiderstände 0,05 und 0,1 W

[Siehe DEUTSCHE FUNK-TECHNIK Nr. 12 (1953) S. 359]

Die Veröffentlichung des Beitrages „Farbkennzeichnung der Kleinstschichtwiderstände 0,05 und 0,1 W" wurde von mir begrüßt, denn sie war für viele Kollegen sicher der erste Hinweis auf die neue Kennzeichnungsart der Kleinstwiderstände von 0,05 bis 0,1 W. In diesem Zusammenhang möchte ich folgenden Vorschlag zur Diskussion stellen.

Die Toleranztabelle in dem erwähnten Beitrag gibt ebenso wie alle anderen bisher erhältlichen Angaben als Kennzeichen für 5% einen Silberpunkt an, läßt also die bei Schichtwiderständen möglichen zwei Güteklassen 5 und 2 DIN unberücksichtigt. Ich halte aber für die Praxis die Kenntnis der nach DIN 41400 festgelegten Klassen für die Toleranz 5% und damit eine getrennte Markierung für wesentlich. Vielleicht kann man die Widerstände $\pm$5% 2 DIN durch je einen Silber- und Goldpunkt und die Typen $\pm$5% 5 DIN wie bisher durch einen Silberpunkt kennzeichnen. Diese Unterscheidung ist wahrscheinlich für Rundfunkgeräte weniger wichtig, da dort in der Regel ohnehin Widerstände mit einer Toleranz von $\pm$ 10% 5 DIN genügen. Sie hat jedoch für kommerzielle Geräte Bedeutung, die aus Platzgründen an bestimmten Stellen auf Kleinstwiderstände angewiesen sind, denn da kann ein Nichteinhalten der garantierten Grenzen der Klasse 5 unter Umständen Nachteile bringen.

Es ist zu bemerken, daß das Herstellerwerk inzwischen die Anlaufschwierigkeiten bei diesen Typen überwunden hat. Anfangs konnten bei größeren Stückzahlen selbst angegebene Toleranzen $\pm$10% und $\pm$20% nicht unbedingt eingehalten

werden, wie durch Messungen nach einiger Lagerzeit bei den Verbrauchern festgestellt wurde. Als weiterer Mangel ist noch die Gefahr zu nennen, daß die Anschlüsse, bedingt durch die Kleinheit, sehr leicht abbrechen.

Die Tabelle mit den Bezeichnungsbeispielen ist an und für sich ausführlich genug, doch möchte ich die Bedeutung des dritten Farbpunktes als Richtwert der Größenordnung noch ergänzen:

orange	10 bis 100 kΩ
gelb	100 kΩ, 200 kΩ usw. bis 900 kΩ
grün	> 1 MΩ (ganze Zahlenwerte).

W. Wolf, Dresden

Das Stiefkind beim Rundfunkempfänger: die Rückwand

Die Rückwand eines Rundfunkgerätes wird meist sehr nachlässig behandelt, worüber in der Fachpresse schon viel geschrieben wurde.

Leider ist bis heute noch keine ideale Form für die Rückwand gefunden worden, so daß wir uns erst einmal mit den gegebenen Verhältnissen abfinden müssen. Bei der Beschriftung der Rückwand, die sehr zu wünschen übrig läßt, wäre allerdings eine weitgehende Änderung ohne einen großen Mehraufwand an Kosten möglich.

Welche Angaben sind nun auf Grund praktischer Erfahrungen auf der Rückwand vorzusehen?

Außer der genauen Typenbezeichnung sowie Angaben über das Herstellerwerk sollen die Umschaltmöglichkeiten der Netzspannung an Hand einer kleinen Skizze zu ersehen sein. Auch ist die Wertangabe der Sicherungen von Bedeutung. Eine genaue Bezeichnung der Buchsenpaare sowie eventueller Regler oder Schalter ist unerläßlich. Hinzu kommt noch ein Lageplan der einzelnen Röhren und Skalenlämpchen mit genauer Typenbezeichnung. Der Hinweis „Vor Abnahme der Rückwand Netzstecker ziehen" darf nicht vergessen werden. Auch ist ein Fenster in der Rückwand, durch das man die Nummer und die eingestellte Netzspannung des Gerätes erkennen kann, ratsam.

Wie soll nun die Beschriftung der Rückwand aussehen?

Die Beschriftung ist ja in erster Linie zur Information des Käufers maßgebend und erst an zweiter Stelle für den Fachmann gedacht. Aus diesem Grund muß die Beschriftung leicht verständlich sein und darf keine Schaltzeichen sowie dem Laien unbekannte technische Hinweise enthalten; denn die Anweisungen des Fachmannes beim Kauf des Gerätes sind zu Hause meist schon wieder vergessen.

Die Beschriftung der Buchsenpaare mit Schaltzeichen, die nur der Fachmann versteht, führte bei Allstromgeräten schon oft dazu, daß Antenne und Erde in die Buchsen für Tonabnehmer gesteckt wurden. Das Ergebnis war dann die durchgebrannte Sicherung oder sogar verbrannte Gittervorspannungswiderstände in der Minusleitung. Natürlich spielt das Gerät dann nicht, und der verärgerte Käufer muß es zur nächsten Garantiewerkstatt bringen. In diesem Fall kann man dem Gerätebesitzer nicht einmal die Schuld geben, da vom Herstellerwerk versäumt wurde, diesen Irrtum von vornherein auszuschalten.

Genauso verhält es sich mit den fehlenden Angaben über die Sicherung und die Skalenbeleuchtung. Die defekten Sicherungen und Skalenlämpchen werden fortgeworfen, mitunter sind die Werte auch unleserlich, und niemand weiß mehr die Werte; denn auch die Bedienungsanweisung ist meist nicht mehr aufzufinden. Der Fachmann muß also erst in seinen Unterlagen nachschlagen. Diese Zeit könnte gespart werden.

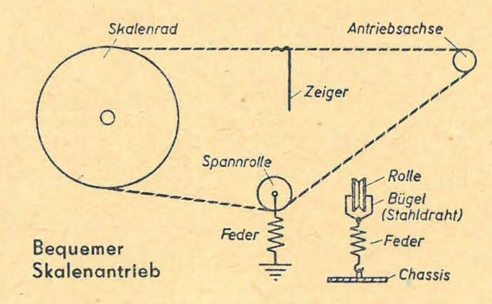
Es wäre angebracht, wenn man die Buchsenpaare mit kleinen Skizzen versehen würde, zum Beispiel die Antennenbuchse mit einer Hochantenne, die Erdbuchse mit einem Wasserhahn, die Tonabnehmerbuchse mit einem Plattenspieler unter Kennzeichnung der Erdseite, den Anschluß für den 2. Lautsprecher mit einem Lautsprechergehäuse, und zusätzlich noch die Worte: Antenne, Erde, Plattenspieler und 2. Lautsprecher darunter schreiben würde. Ein Zuviel ist in diesem Fall besser als verärgerte Kunden. Bei Schaltern und Reglern würde eine ausführliche Beschriftung genügen. Unter dem Hinweis „Verwendet nur Lautsprecher und Tonabnehmer nach DIN-Norm" können sich, wie es die Praxis zeigte, nur wenige Rundfunkhörer etwas vorstellen. Er ist zweckmäßigerweise wie folgt abzuändern: „Verwendet nur Lautsprecher und Tonabnehmer, die den Sicherheitsvorschriften entsprechen."

Werden diese Anregungen befolgt, so wird es weniger defekte Geräte und damit mehr zufriedene Kunden geben.

Werner Kreißig, Chursdorf

Ein bequemer Seilzug für den Skalenantrieb

Bei manchen Geräten ist das Skalenrad, das am Drehkondensator befestigt ist, derart verbaut, daß oft viele Einzelteile ausgebaut werden müssen, um nur die Seilzugfeder festspannen zu können. Beim Neubau von Geräten entstehen zum



Bequemer Skalenantrieb

Beispiel beim Verwenden von Skalenrädern mit kleinerem Durchmesser Schwierigkeiten beim Spannen des Seiles. Zum bequemen Spannen eines Skalenseiles wird eine gefederte Spannrolle verwendet, die man an einem Bügel über das Skalenseil legt, und die Feder am Chassis befestigt. Die Spannrolle kann an beliebiger Stelle im Seiltrieb angebracht sein. Für selbstgebaute Meßgeräte ist eine größere Präzision dieses Antriebes empfehlenswert. Bei einer verbesserten Ausführung wird die Spannrolle durch eine Parallelführung ergänzt und die Rollenführungsschiene an einer freien Stelle des Chassis befestigt. Die Spannung läßt sich durch die Zugkraft der Feder und die Auszugsweite einstellen.

Hans Joachim Fischer, Weißenfels

RFT-Autosuper

Bei der Montage des Autosupers beobachtete ich folgende Mängel:

Steckverbindung

Die Steckverbindung zwischen Bedienungs- und Hauptteil ist nicht sicher genug. In den meisten Fällen genügen zwei dicke Unterlegscheiben, die unter der im Hauptteil eingebauten Fassung angebracht werden, um die erwünschte Kontaktsicherheit herzustellen. Der Stecker rastet dann fest ein.

Zerhacker

Im Zerhacker bricht sehr oft die Ankerfeder. Meiner Meinung nach liegt das nicht nur an der zu großen Härte des Materials. Die Verwendung von stärkerem Federstahl ergäbe bei vergrößerter Freisparung eine bessere Haltbarkeit, bei gleichbleibender Schwingweite der Feder. Die Funktion bliebe also bei besserer Stabilität gewahrt.

Batteriezuführung

Die festen Eingänge der Batteriezuführung und der Antenne sind besonders nachteilig. An diesen Stellen müßten Steckverbindungen angebracht werden. Der Einbau der Teile würde erleichtert und die ständigen Kabelbrüche und Risse in den Abschirmungen könnten verhindert werden.

Für den Reparateur ergäbe sich noch der Vorteil, daß er mit Probeleitungen in der Werkstatt schnell und sicher alle Verbindungen herstellen könnte.

Röhre EZ 11

Es ist zu begrüßen, daß der Autosuper nicht mehr mit der EZ 11 bestückt wird. Man hatte den Eindruck, als könne diese Röhre keinerlei mechanische Beanspruchung vertragen. War die EZ 11 defekt, so konnte man nur sehr schwer, eine Ersatzröhre erhalten. Genauso ist es mit der Beschaffung des Zerhackers.

Verbindungsleitungen

Bei der Montage zeigt sich auch, daß die Verbindungsleitungen oft zu kurz sind. Es wäre vorteilhaft, wenn man das Antennenkoaxialkabel als Meterware erhalten könnte. Der Monteur würde die Steckverbindung selbst anbringen und brauchte keine schwierigen Verlängerungen des Kabels vorzunehmen.

Gerhard Gräfe, Kranichfeld

Immer wieder erhalten wir Anfragen, wo die in dem Beitrag „Praktische Winke beim Bau eines Kondensatormikrofons mit Richtwirkung", siehe RADIO UND FERNSEHEN Nr. 4 (1954) S. 107, beschriebenen Doppelschichtmembranen zu erhalten sind. Alle interessierten Leser wenden sich bitte an die Firma

Willy Heider, Leipzig W 35,
Franz-Flemming-Str. 80–82,

die Doppelmembranen sofort liefern kann. Der Verkaufspreis beträgt 5.– DM.

Die Redaktion

Physiker REINHARD HEIMANN

Elektronik – ihr gegenwärtiger Stand und ihre Anwendung

Im Rechenschaftsbericht des IV. Parteitages der SED wurde festgestellt, daß zu den nächsten wichtigsten Aufgaben der Wissenschaft in der DDR die weitere Entwicklung auf den Gebieten der Festkörperphysik, Elektronik und Plasmaphysik gehört. Es ist nun Aufgabe der Elektroniker, sich mehr als bisher für eine breitere Anwendung der Elektronik auch über den Rahmen der Nachrichtentechnik hinaus einzusetzen. Wir haben uns die Aufgabe gestellt, zur Vermittlung eines guten Allgemeinwissens auf diesem Gebiet durch ausgewählte Berichte über elektronische Arbeits- und Meßverfahren in unserer Zeitschrift RADIO UND FERNSEHEN beizutragen.

Gewöhnlich ist es so, daß der Elektroniker seine Aufgaben der Schaltungs- und Apparatetechnik zu meistern weiß, aber das ingenieurtechnische Personal in der Industrie und sonstige Anwender nicht in vollem Umfang über die Möglichkeiten der Elektronik informiert sind. Den HF- und Fernmeldespezialisten einen Einblick in die Erfordernisse und Verfahrenstechnik der Industrie zu geben und den Verbrauchern Grenzen und Möglichkeiten der Elektronik aufzuzeigen, soll die Aufgabe einer folgenden Aufsatzreihe sein. Auch glauben wir, daß aus den Kreisen der Fachhandwerker und Techniker sowie von Radioamateuren wertvolle Anregungen für die Lösung noch bestehender Probleme kommen werden, und hoffen, die Initiative aller Werktätigen im Rahmen des betrieblichen Vorschlagswesens zu unterstützen.



Bild 1: Fernsehreporterkamera

Definition und Anwendungsbereich

Obwohl man unter „Elektronik" die Physik der Elektronen schlechthin, insbesondere also die Gesetzmäßigkeiten ihrer Bewegung und Erzeugung, versteht, so hat sich der Name „Elektronik" international für die Technik aller Schaltungen eingebürgert, die nicht allein mit metallischer und elektrolytischer Elektronenleitung arbeiten, sondern auch in derartige elektrische Netzwerke, die gasgefüllte und Hochvakuumgefäße mit frei beweglichen Elektronen und Ionen einbeziehen. Üblicherweise rechnet man Halbleiter auch mit dazu.

Es soll versucht werden, das Wesen der Elektronik durch die Darstellung der Entwicklung einiger Bauelemente und einiger Anwendungsmöglichkeiten in der Industrie klarzumachen. Diese Kenntnis ist für den Fortschritt unserer Technik von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Die Elektronik beeinflußt schon heute unser Leben in fast allen Zweigen der Technik, und man ist immer weiter bemüht, mit ihrer Hilfe die Natur zu erforschen und dem Menschen dienstbar zu machen. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die wichtigsten Anwendungsgebiete und die dabei benutzten elektronischen Arbeitsmittel ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben. Um einen ungefähren Überblick zu vermitteln, sei vorweg der heutige Entwicklungsstand der Elektronik angegeben.

Heutiger Stand der Entwicklung

Die Fernsehentwicklung ist soweit gediehen, daß ihrem industriellen Einsatz auch außerhalb des Rundfunks nichts mehr im Wege steht. 1951 wurde die Großprojektion farbiger Fernsehbilder gezeigt. Die Einführung des Projektionsfernsehens erfolgte in vielen Lichtspielhäusern. Farbige Fernsehsendungen konnten über eine Entfernung von 12500 km über 107 Dezimeterrelaisstationen übertragen werden. Der Fernsehreporter erhielt mit der Entwicklung der kleinen Bildaufnahmeröhre „Vidikon" eine tragbare Kleinkamera mit Tornistersender, so daß er sich bei Freiaufnahmen in einem gewissen Umkreis frei bewegen kann (Bild 1). Ende 1953 gelang die vollelektronische Filmspeicherung auf Magnettonband, der erste Schritt zur elektronischen Kinomatografie ohne chemischen Prozeß.

Kaum 50 Jahre wurden Glühkatodenröhren technisch gefertigt, als 1951 bereits die Transistorserienfertigung aufgenommen wurde, knapp drei Jahre nach der physikalischen Erforschung ihres Funktionsmechanismus. Ob hiermit in der Elektronik der Schritt getan ist, der eine ähnliche Bedeutung hat wie die Ablösung der Dampfmaschine durch den Verbrennungsmotor, ist heute noch nicht abzusehen.



Bild 2: Das Vidikon ist nur 150 mm lang und hat einen Durchmesser von 25 mm

Als 1951 aus dem Kosmos die diskrete Frequenz von 1422,6 MHz = 21 cm empfangen wurde, nahm die junge Radioastronomie ihren schnellen Aufschwung. Es gelang ihr bald, dieser Frequenz Schwingungen neutraler Wasserstoffatome des interstellaren Gases zuzuordnen. Der beim Empfang dieser Frequenz auftretende Dopplereffekt gestattet

Tabelle 1

Nachrichtentechnik	Lichttechnik		Medizin		Forschung und Industrie		
Radio und Fernsehen Funk- und Fernmeldetechnik Radar und Funkortung Echolotung Fernsteuerung	Beleuchtung	Messen	Therapie	Diagnostik	Energie	Messen und Regeln	Zählen und Rechnen
Gleich- und Wechselrichter Generatoren für 10^2 bis 10^{11} Hz und Impulse Verstärker Katodenstrahloszillografen	Bogenlicht Gasentladung Blitzlicht	Stroboskope	Generatoren für 10^4 bis 10^{10} Hz Ultraschallgeneratoren Röntgen-, UV- und Elektronenstrahlerzeuger Strahlungsdosimeter	Katodenstrahloszillografen Verstärker	Gleich- und Wechselrichter Generatoren für NF, HF, Ultraschall, UV, Impulse, Röntgen- und Elektronenstrahlung Beschleuniger Fernsehmikroskop	Elektronenmikroskop Spektrometer für Mikrowellen und Kernresonanz Verstärker für Gleich- und Wechselstrom Katodenstrahloszillografen Regler	Zähler Zahlenspeicher Analog- und Ziffernrechner

es, Rückschlüsse auf die Geschwindigkeit der kosmischen Gasmassen zu ziehen.

Die welterschütternden Ereignisse der Atomforschung sind ohne die umfangreiche Einführung der Elektronik bei Regelung und Fernsteuerung nicht denkbar. Große elektronische Rechen- und Kontrollgeräte versetzen den Menschen in die Lage, wissenschaftliche Berechnungen, für die Menschenleben nicht ausgereicht hätten, in kürzester Zeit durchzuführen.

Entwicklung der Elektronenröhren

Wenn es auch unserer geräte- und bauteileerzeugenden Industrie nicht zu jeder Zeit möglich sein wird, den neuesten Entwicklungsstand auf dem Gebiet der Elektronik in ihrer Fertigung zu halten, so sollte man sich doch ständig den sehr schnellen Aufschwung dieser Technik vor Augen halten, der nirgends deutlicher zum Ausdruck kommt, als in der Entwicklungsgeschichte des Hauptelementes der Elektronik — der Elektronenröhre.

Im Bild 3 ist die Entwicklung der Elektronenröhren durch einen „Elektronikbaum" schematisch dargestellt. Für sein Gedeihen ist nicht so sehr das Bedürfnis der Technik, als vielmehr die Fortschritte der Grundlagenphysik, deren Entwicklungsphasen die Wurzeln darstellen, verantwortlich. Es soll nicht im einzelnen auf die Entwicklungsgeschichte eingegangen werden. Die dargestellten Jahreszahlen geben nicht das Erfindungsjahr an, sondern den Zeitpunkt, seit dem diese Röhren im Handel erhältlich waren.

Die Röhrenentwicklung, deren Grundlage der 1883 von Edison entdeckte Glühelektroneneffekt war, kam 1906 lawinenartig ins Rollen. Von Lieben gab im März 1906 die elektromagnetische Steuerung des Elektronenstroms an und Lee de Forest im Januar 1907 die Gittersteuerung. Die weiteren Röhrenschaltungen, wie zum Beispiel Rückkopplung, Überlagerung und Gleichrichtung, wurden dann in verschiedenen Ländern gleichzeitig entwickelt. In Deutschland werden seit 1912 kommerzielle Röhren gebaut. Tabelle 2 zeigt eine Zusammenstellung der hierbei benutzten Elektronenquellen, während Tabelle 3 die Entwicklung der technischen Glühkatoden widerspiegelt. Die Entwicklung der Hochvakuumröhren, die den kräftigsten Ast des Baumes bilden und vielleicht die gewaltigste Entwicklung der menschlichen Technik überhaupt darstellen, ist wohl jedem Leser geläufig. Dennoch darf man nicht vergessen, daß bei der Herstellung der modernen Verstärkerröhren die höchste in der Serienfabrikation angewandte Präzisionsmechanik erforderlich ist. Es gilt zum Beispiel, Steuergitterdrähte, die dünner als 10 μ sind, in Abständen von einigen $^{1}/_{1000}$ mm von der Katode fest und in engen Toleranzen zu montieren. Die Weltjahresproduktion der Elektronenröhren lag 1951 weit über 500 Millionen Stück.

Die Erzeugung kräftiger Elektronenstrahlen höchster Geschwindigkeit stellte höchste Anforderungen an die Hochvakuumtechnik, die sich seit 1910 zu einer umfangreichen Spezialtechnik entwickelte. Die Elektronenröhren haben in ihrem Einsatz als Fernsehbildröhren mit großem Bildschirm oder mit hochbeschleunigtem Elektronenstrahl besondere Schwierigkeiten bereitet. Mit den Bildaufnahmeröhren konnte das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges um das 20fache übertroffen werden. Bei dem modernen Vidikon findet schon eine Verästelung des Elektronenbaumes mit dem neuen Sproß der Halbleiter statt.

Besonders beachtlich ist die Entwicklung des jungen Halbleiterbaumes. Die Festkörperphysik brachte uns neue Erkenntnisse der Elektronenleitung in Halbleitern. Kristalldioden, Spitzen- und Schichttransistoren sind heute bereits jedem Elektrotechniker bekannte Bau-

Tabelle 2

Mittel zur Förderung des Elektronenaustritts			Anwendung	
1. Erhöhung der Elektronenenergie durch:	2. Wahl eines Katodenmaterials mit niedriger Austrittsarbeit z. B.	3. Herabsetzung des äußerlich beeinflußbaren Anteils der Austrittsarbeit durch:	Schema	Katodentyp
Wärmezufuhr	thoriertes Wolfram oder aktiviertes Bariumoxyd	äußere Feldkräfte	Glühemission; Heizung; Glühkatode	Glühkatode
Lichtbestrahlung	Kalium, Caesium oder Mehrschichtsysteme (Silber-Caesiumoxyd-Caesium)	äußere Feldkräfte und Adsorption von Teilchen	Licht; Fotokatode; Fotoemission	Fotokatode
Elektronenbeschuß	Kalium, Rubidium, Caesium	äußere Feldkräfte	Elektronenbeschuß; Sekundäremission; SE-Katode	SE-Katode (SE = Sekundäremission)
	verschiedene Metalle u. a. Kalium, Caesium	hohe Feldkräfte	hohe Spannung; kalte Katode; Feldemission	Kaltkatode

Tabelle 3

Arbeitstemperatur °C	Austrittsarbeit eV	Sättigungsstrom A/cm²	Wirtschaftlichkeit mA/W	Vergiftungsanfälligkeit
Wolfram				
2100 bis 2300	4,54	1	6	gering
thoriertes Wolfram				
1500 bis 1700	2,63	2	70	groß
Bariumoxyd				
650 bis 850	1,1 bis 1,5	0,5 <50>	250 <2 · 10⁴>	groß
L-Katode				
900 bis 1350	1,6 bis 2,0	> 300	1 · 10⁴	gering

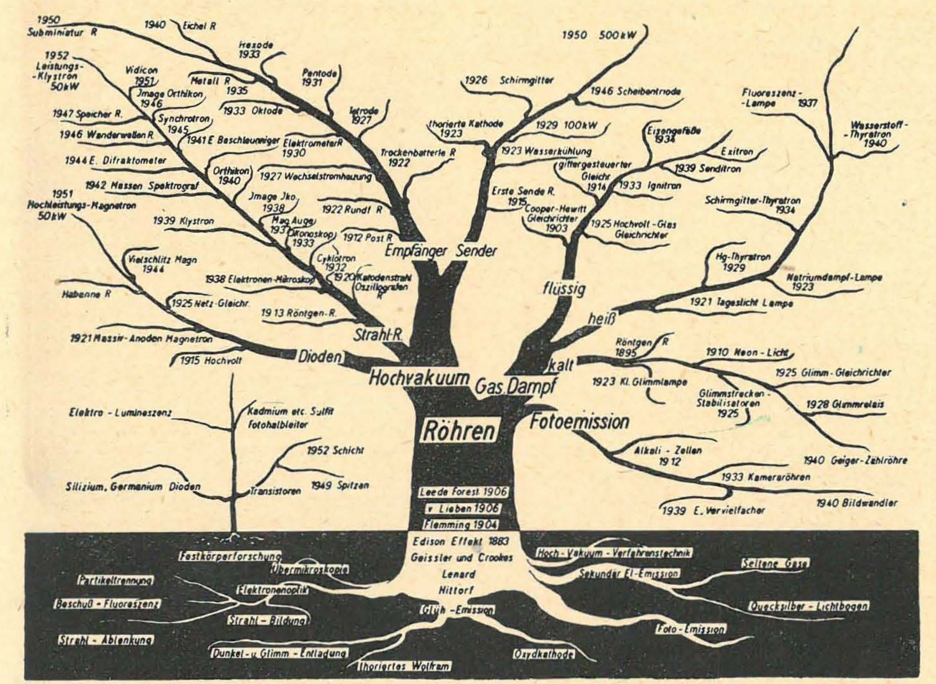


Bild 3: Entwicklung der Elektronenröhren (schematisch)

elemente. Sollte das neue Verstärkerelement „Transistor" die in ihn gesetzten Hoffnungen erfüllen, so wäre auch die industrielle Elektronik an seinem Einsatz außerordentlich interessiert, da die Lebensdauer derartiger Elemente auf 70000 Brennstunden geschätzt wird gegenüber 2000 bei Elektronenröhren.

Industrielle Anwendung der Elektronik

Nach dieser Orientierung über die Entwicklung der elektronischen Elemente soll auf den Komplex der industriellen Anwendung eingegangen werden. Die Entwicklung der Elektronik im Rahmen der Nachrichtentechnik haben wir selbst miterlebt, und es wird nicht lange dauern, dann werden weite Bevölkerungskreise auch bei uns in den Genuß ihrer letzten Errungenschaften kommen. Es hat aber den Anschein, als ob der hohe Entwicklungsstand, den die Elektronik bei ihrem verderblichen Einsatz im zweiten Weltkrieg erreicht hat, nicht in dem Maße für die friedliche Technik auswertbar wäre, wie es nach dem ersten Weltkrieg die Elektronenröhre für die Entwicklung der Nachrichtentechnik war. Der fehlende Überblick über den Stand der Entwicklung der industriellen Elektronik ergibt sich schon aus dem Fehlen einer wirklichen Monographie dieses Gebietes in deutscher Sprache. Das Buch von Kretzmann, „Industrielle Elektronik", bietet schon einen sehr wertvollen Ansatzpunkt, umfaßt aber nur ein ganz geringes Teilgebiet. Die kostspieligen und auch komplizierten Apparaturen der modernen Elektronik erfordern zahlreiches Fachpersonal. Die Elektronik hat daher in ihrer industriellen Anwendung den Charakter eines großtechnischen Einsatzes. Wenn es darum geht, eine Serienfertigung, einen Bandbetrieb oder einen kontinuierlichen Produktionsablauf zu automatisieren, werden elektronische Arbeits- und Meßverfahren immer vertretbar sein. Dazu ist jedoch in weit größerem Maß als bisher eine enge Zusammenarbeit der Mitarbeiter unserer Industriebetriebe mit den speziellen Elektronikern erforderlich. Wenn man daran denkt, daß sich zum Beispiel die Betriebsmeßtechnik zur Zeit im wesentlichen nur mit der Messung, Registrierung und Regelung der einzelnen Zustandsgrößen beschäftigt, daß ein Produktionsprozeß jedoch nach einem Qualitätswert gesteuert werden muß, der sich in der Regel aus einer Vielzahl von einzelnen Zustandsmeßgrößen ergibt, wird es klar, welche Arbeit noch vor uns liegt. Die weitere Entwicklung der Elektronik im Betrieb wird im wesentlichen davon abhängen, in welchem Umfang man sie betreibt und welchen Grad der Qualität man vom Produkt und welchen Grad der Produktivität man vom Prozeß verlangt.

In der industriellen Elektronik unterscheiden wir die beiden Hauptgebiete der Energieerzeugung und der Meßtechnik.

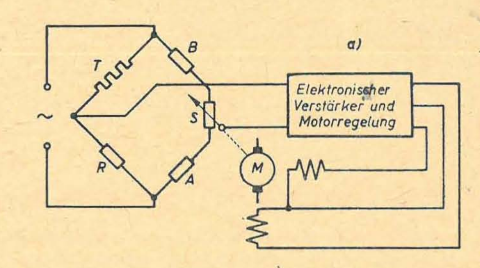
Die elektronische Energieerzeugung hat sich bereits ein fest abgegrenztes Anwendungsgebiet gesichert. Die HF-Induktionsheizung ist für viele Probleme der Metallhärtung, für das Schmelzen und Löten aus der modernen Fertigung nicht mehr wegzudenken. Das gleiche gilt auch für den Anwendungsbereich der kapazitiven HF-Wärme. Überall da, wo kompakte Materialien aus schlechten Wärmeleitern durchgehend und von innen heraus erhitzt werden sollen, bietet sich die kapazitive Wärme als einzigartige Wärmequelle an. So sind das Vorwärmen thermoplastischer oder härtbarer Kunststoffe, das Schweißen von thermoplastischer Kunststoffolie, insbesondere von Igelit (PVC-weich) und das Trocknen von Kunstharzleimen in der Tischlerei gesicherte Anwendungsgebiete. Ob sich die immerhin kostspielige HF-Wärme auch für normale Trocknungsprozesse, zum Beispiel für Holz- und Fasertrocknungen, rationell einsetzen lassen wird, ist noch nicht abzusehen. Schwierig scheint auch die industrielle Einführung von Ultraschallenergie zu sein. Hier sind zwar viele physikalische Wirkungen bekannt, die auch vorteilhaft in der Produktion anwendbar wären, jedoch scheitert ihre umfangreiche Einführung sowohl an den hohen Kosten als auch am Umfang der erforderlichen Anlagen.

Gleichrichteranlagen mit elektronischen Bauelementen für Batterieladung, Magnetspeisung, Galvanik, Schweißung und Motorspeisung sind seit Jahren eingeführt.

Die Meßtechnik auf elektronischer Grundlage muß sich immer mehr als Betriebsmeßverfahren durchsetzen, vor allem dann, wenn es gilt, verzögerungs- und rückwirkungsfreie elektrische Meßwerte zu erhalten, die ebensogut zur Registrierung wie für Regelaufgaben verwendbar sind. Auf der Grundlage der seit langem eingeführten Meßverfahren löste die Elektronik in ihrem Anfangsstadium das Problem der Meßwertverstärkung für Fernanzeige und Registrierung. Dabei haben sich vor allen Dingen Einröhrenverstärkerschaltungen bewährt, insbesondere auch solche mit fotoelektrischen Bauteilen (z. B. Hartmann & Braun-Fotozellenkompensator, Fotozellenschranken usw.). Seitdem die Scheu vor der Anwendung komplexer elektronischer Schaltungen mit einer Mehrzahl von Röhren allmählich schwindet, sind auch mehrstufige Verstärkerschaltungen keine Seltenheit mehr.

Verschiedene Meßverfahren, wie zum Beispiel die pH-Meßtechnik, konnten erst durch Spezialgleichstromverstärker mit großer Nullpunktkonstanz und hochohmigen Eingängen ihren siegreichen Einzug in die Betriebsmeßtechnik antreten. Der Gesamtkomplex der Gleichstromverstärker mit den hierfür gegebenen Schaltungsmöglichkeiten hat sich zu einem umfangreichen Spezialgebiet entwickelt und soll besonders behandelt werden.

Andere Meßverfahren, die mit induktiven oder kapazitiven Meßwertgebern arbeiten, haben sich noch nicht in diesem Umfang einführen lassen. Dabei tritt allgemein die nicht genügende Nullpunktkonstanz störend in Erscheinung. Es sind daher verschiedene Verfahren entwickelt worden, die mit Meßbrücke und automatischem Nullpunktabgleich arbeiten. Dabei können alle möglichen Meßgrößen elektronisch erfaßt werden. Der Nullabgleich wird elektronisch vollautomatisch durchgeführt (Bild 4). Ein Abgleichmotor verstellt entsprechend dem Fehlerstrom in der Brückendiagonalen das Brückenabgleichelement solange, bis der Nullabgleich durchgeführt ist. Dabei liefert die Stellung des Abgleichelementes zugleich den Meßwert (Bild 5). Die Stellgröße, die dem Nullabgleichmotor zugeführt wird, kann außerdem zur Regelung der gemessenen Zustandsgröße benutzt werden.



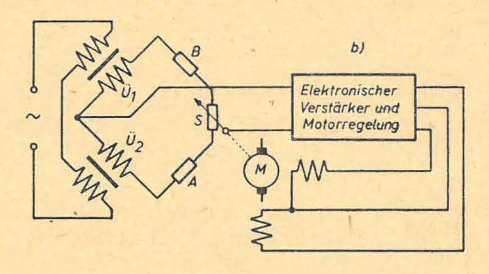


Bild 4: Schema der Brückenmeßmethode mit automatischem Nullabgleich a) Meßkreis mit Wheatstonescher Brücke, b) Impedanzbrücke für Verhältnismessung

Oft ist versucht worden, Zustandsgrößen möglichst ohne elektrischen Kontakt mit dem Meßobjekt kapazitiv zu erfassen. Dabei wird die Kapazität eines Meßkondensators durch das Objekt als Dielektrikum verändert. Damit kann man zum Beispiel den Höhenstand in Behältern, Druck in Rohrleitungen, Feuchtigkeit auf Papier, Textil- und Kunststoffbahnen, Wassergehalt in Aceton, Dicke

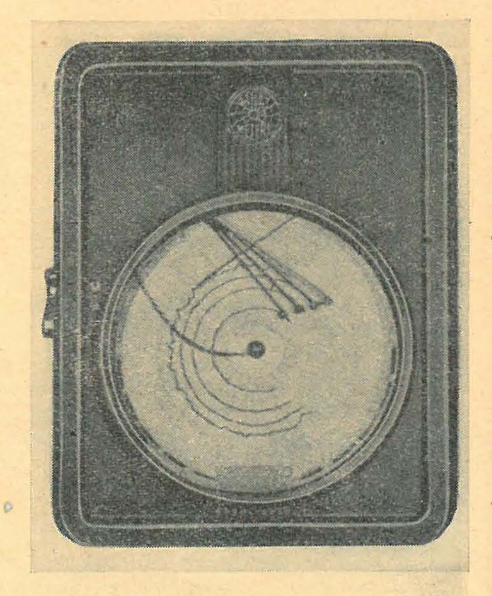


Bild 5: Elektronischer Mehrfachschreiber von Bailey mit automatischem Brückenabgleich

und Gleichmäßigkeit von Spinnbändern und Garnen erfassen. Dabei kommt es immer darauf an, daß die zu messende Zustandsgröße durch eine ins Gewicht fallende Dielektrizitätskonstante oder Verlustfaktorzahl eine merkliche Verstimmung des Meßkondensators verursacht. Allerdings sind für diese Kapazitätsmessungen oft elektronische Schaltungen eingesetzt worden, die zwar eine große Empfindlichkeit und Genauigkeit erzielen (Resonanzverfahren), jedoch hohe Frequenz- und Amplitudenkonstanz sowohl des Oszillators als auch des Meßkreises voraussetzen und daher während des Betriebes einen wiederholten Nullabgleich oder eine Nacheichung erfordern. Deshalb blieben diese Verfahren bisher auf Labormeßgeräte beschränkt (Garngleichmäßigkeitsprüfer von Uster, elektrodenlose Leitfähigkeitsmessung, Feuchtigkeitsmessung nach Lippke).

Nicht nur HF-Meßverfahren kennzeichnen die moderne Elektronik. Im Ausland werden bereits vielseitige Strahlungsmeßverfahren in der Industrie, insbesondere in der chemischen Technik, angewendet. Die Absorption radioaktiver Strahlung oder Röntgenstrahlung durch Papier, Kunststoff, Metall und ähnliches gestattet die kontaktlose und kontinuierliche Dickenmessung der Schichten. Dabei sind verschiedene Strahlungsmeßverfahren, die teils mit integrierender, teils mit ziffernmäßiger Anzeige arbeiten, benutzt worden.

Zähler und Rechner

Auf dem Gebiet der elektronischen Zähl- und Rechenschaltungen ergeben sich für den industriellen Einsatz nicht abzuschätzende Perspektiven. Bekannt ist der Einsatz derartiger Zähler in der Strahlungsphysik zur Teilchenzählung mit Geiger-Zählrohren. Diese Verfahren finden bei der Einführung von Isotopen in der chemischen Industrie großes Interesse. Umfangreiche elektronische Rechenmaschinen (Bild 6), die zum Beispiel 12000 Elektronenröhren, 9000 Relais und 4000 Stöpselverbindungen enthalten, sind natürlich keine Geräte der Betriebsmeßtechnik mehr, sondern stellen wissenschaftliche Instrumente dar. Eine derartige Maschine benötigt nach erfolgter Einstellung etwa für eine Mondberechnung sieben Minuten, an der sonst ein geübter Mathematiker drei Wochen lang gerechnet hätte. (Von der Internationalen Büromaschinengesellschaft IBM Hollerith wurden bisher allein 2 Millionen Röhren in elektronischen Buchungsmaschinen eingesetzt.) Aber auch diese Elektronenhirne sind keine Denkapparate, sondern bedürfen zu ihrer Funktion mathematisch geschulter Gehirne. Die Problemstellung und Programmvorgabe muß vom Menschen kommen. Die Maschine erledigt nur die reinen Rechenoperationen, diese allerdings mit höchster Präzision und hoher Geschwindigkeit. Man unterscheidet zwei Arten derartiger Maschinen: einmal die Ziffern- oder Stellenrechner (digital computer) und zum anderen die Analogierechner (analog computer). Die Ziffern- oder Stellenrechner arbeiten wie die Kugelrechenmaschinen unserer Schulzeit und stellen die Zahlen in festen Stufen nach ihrem Stellenwert dar. Die andere Art, dem Rechenschieber vergleichbar, verarbeitet dem Zahlenwert analoge, kontinuierlich veränderliche Strom- und Spannungswerte. Sie sind auch in der Lage, Diagrammschreiber zu speisen und die eingegebenen Zahlenwerte grafisch darzustellen (Anwendung im registrierenden Spektografen). Beim Ziffernrechner dagegen erscheint das Resultat ziffern- und stellenrichtig auf einem Leuchttableau oder wird gedruckt. Über die Grundbausteine derartiger Ziffernrechner, den Eccles-Jordan-Kreis (Flip-Flop-Kreis), wurde vom Verfasser bereits an anderer Stelle [Nachrichtentechnik Heft 9 (1953) S. 391—395] berichtet.

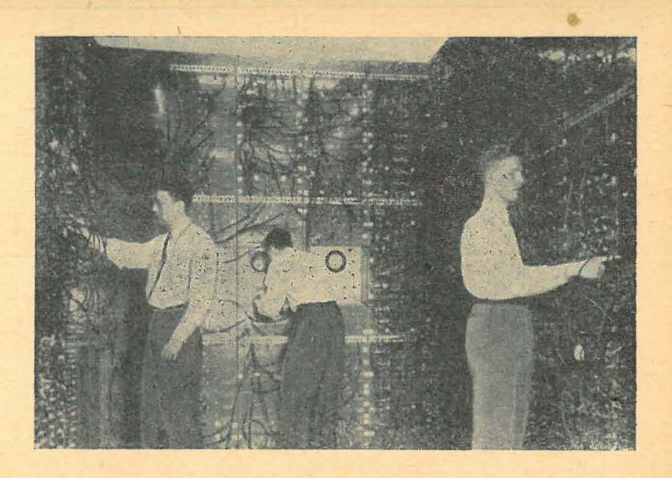


Bild 6: Versuchsmodell einer Ziffernrechenmaschine

Zu Dekadenzählern zusammengeschaltete Flip-Flop-Kreise dürften sich auch in der Zukunft als Betriebsmeßgeräte durchsetzen. Sie gestatten u. a. Frequenzmessungen mit sehr hoher Genauigkeit und direkter Ziffernanzeige. Viele Zählaufgaben, zum Beispiel Drehzahlmessungen an hochtourigen Maschinen, lassen sich mit ihnen leicht erledigen.

Aber auch die Ultraschallimpulstechnik, wie sie beim Echolot der Nachrichtentechnik Anwendung findet, wird bereits für Betriebsmeßgeräte bei Materialuntersuchungen (Ultraschallreflektoskop) angewendet. Zweifellos lassen sich noch andere Meßaufgaben, die bisher überhaupt nicht oder nur sehr mühselig gelöst werden können, mit der neuen umfangreichen elektronischen Meßtechnik unter Anwendung von Gleichstrom, Hochfrequenz und Impulsen aller Frequenzen durchführen.

Zum Zählen und Messen mikroskopischer Teilchen (z. B. Blutkörper) nach dem Lichtpunktabtastverfahren der Fernsehtechnik (Dia-Abtaster) sind bereits Geräte entwickelt worden, die sich in der Praxis bewährt haben. Hier wird es besonders deutlich, wie man mit Hilfe der Elektronik durch subjektive Beobachtungen und Messungen verursachte Fehlerquellen ausschalten kann. So wurde bei zahlreichen elektronischen Blutkörperzählungen, die selbstverständlich nur Bruchteile der Zeit des visuellen Auszählens beanspruchen, festgestellt, daß die Blutkörperkonzentration auf dem Meßobjektträger bis zu 20% schwankt.

Das Gesamtgebiet der elektronischen Regelung ist so umfangreich, daß es auch nicht möglich ist, einen kurzen Überblick in diesem Rahmen zu geben. Eine Anzahl möglicher Schaltungen und Anwendungsbeispiele werden in dem Buch von Kretzmann, „Industrielle Elektronik“, gebracht. Elektronisch geregelte Walzenstraßen- und Werkzeugmaschinenantriebe haben zahlreiche Arbeitsprozesse wesentlich rationalisiert. Dabei ist es bei Umkehrantrieben auch möglich, die beim Abbremsen frei werdende Energie mittels Wechselrichterschaltungen wieder in das Netz zurückzuleiten und dadurch wesentliche Energieersparnis zu erzielen. Es ist auch bekannt, daß ganze Bandfertigungen elektronisch geregelt und gesteuert werden. Wie bereits erwähnt, fehlt jedoch noch ein umfangreicher Einsatz der elektronischen Regelung zur Automatisierung chemischer Produktionsprozesse, wobei es wesentlich sein wird, die vorher erwähnten Rechenschaltungen mit einzubeziehen.

Diese kurze Übersicht sollte zeigen, welche Möglichkeiten die Elektronik im Augenblick bietet, um unsere Arbeitsprozesse zu verbessern, die Arbeitsproduktivität zu steigern und dem Werktätigen im Produktionsgang und an der Maschine seine Arbeit zu erleichtern. Hinweise und spezielle Arbeitsverfahren sowie Schaltungen sollen in späteren Aufsätzen behandelt werden.

Bei der Erörterung des Deutschlandproblems haben wir alle stets erklärt, daß die Lösung dieser Frage unlösbar mit der Gewährleistung der Sicherheit in Europa verbunden ist. Das bedeutet, daß Deutschland auf demokratischer und friedliebender Grundlage vereint werden muß, und daß die Wiedererstehung des deutschen Militarismus nicht zugelassen werden darf.

Aus der Erklärung W. M. Molotows auf der Schlußsitzung der Berliner Konferenz der vier Außenminister

Ing. FRITZ KUNZE

Schaltzeichennormenvorschläge für das Fernsehgebiet

Der neue Normvorschlag DIN 40700, dessen Hauptteil schon in RADIO UND FERNSEHEN Nr. 6 (1954) besprochen wurde, enthält auch Schaltzeichenvorschläge für das Fernsehgebiet. Die Kolbenform für Katodenstrahlröhren (Nr. 12.1) wurde geändert und die hintere Rundung durch einen geraden Strich ersetzt. Das ist zwar eine zeichnerische Vereinfachung, doch gleicht die Form jetzt dem Schaltzeichen für einen Lautsprecher, ist nur etwas langgestreckter. Trotzdem dürften die beiden Schaltsymbole aber kaum verwechselt werden. Leitender oder halbleitender Innenbelag, eventuell mit Herausführung, wird wie bei Rundfunkröhren durch gestrichelte Linien angedeutet (Nr. 13.2). Die Anoden der Katodenstrahlröhren sind oft am Kolben selbst herausgeführt, und zwar neuerdings nicht mehr wie früher an Kordelanschlüsse, sondern an tiefer liegende Napfkontakte. Auch für solche Napfkontakte wurde ein Schaltzeichen geschaffen, das allerdings ziemlich verunglückt ist (Nr. 3.2). Nach dem Symbol vermutet man einen herausstehenden Seitenkontakt und keine Vertiefung, keinen „Napf".

Der Wehneltzylinder (= Gitter 1, Nr. 20.3) wurde gegenüber der bisherigen Norm vereinfacht. Das ist zu begrüßen, da bisher eine Verwechslungsmöglichkeit mit einem Ablenkzylinder für radiale Ablenkung bestand. Die anderen Elektrodensymbole (20.1, 20.2, 20.4) sind im allgemeinen unverändert geblieben. Auch die Zeichen der Ablenkplatten für elektrostatische Ablenkung (29) und Ablenkzylinder für radiale Ablenkung (30) wurden nicht geändert. Dagegen wirkt sich bei der magnetischen Ablenkung die Norm DIN 40712 unheilvoll aus. Die Spulen sind als schwarz ausgefüllte Rechtecke gezeichnet (33.1, 33.2). Auch für die Konzentrierspule wurde ein neues Symbol geschaffen (31.1). Außerdem werden neue Schaltzeichen zur Kennzeichnung des Kerns der Spule vorgeschlagen (31.2 bis 31.4), über deren Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit man geteilter Meinung sein kann. Die Magnete werden so gezeichnet, als ob sie in den Glaskolben hineinragen, erwecken also ein völlig falsches Bild. Und ebenso falsch erscheint das Schaltbild 32: Ionenfalle mit Dauermagnet. Gemeint ist wahrscheinlich der Ionenfallenmagnet, denn von der Ionenfalle selbst ist nichts zu sehen. Da der Magnet sich außerhalb des Kolbens befindet, darf er auch in der Zeichnung nicht innerhalb des Kolbens dargestellt werden! Und weshalb wird hierfür überhaupt ein Schaltzeichen vorgeschlagen? Für die Schaltung des Fernsehempfängers selbst ist es doch gleichgültig, ob eine Bildröhre mit oder ohne Ionenfalle genommen wird! Für Bildröhren mit aluminisiertem Schirm wird ja auch kein besonderes Schaltzeichen verwendet!

Entsprechend den geänderten Einzelteilzeichen sind auch die Beispiele kompletter Schaltungen von Katodenstrahlröhren geändert: Nr. 45 (hier radiale Ablenkung gezeichnet gegenüber doppelt elektrostatischer Ablenkung in der früheren Norm), Nr. 46 (Zeichen für eine Bildröhre mit magnetischer Ablenkung und Fokussierung) und Nr. 47 (Zweistrahlröhre).

Auch die Bildsenderöhren haben geänderte Bildzeichen: Nr. 57 (Ikonoskop), Nr. 58 (Superikonoskop; den Kolben für ein Superikonoskop zeigt Nr. 12.2), Nr. 59 (Sondenbildfänger) und Nr. 60 (Bildwandler). Das neue Schaltzeichen für das Orthikon (Nr. 61) ist derartig kompliziert, daß es kaum jemand geben wird, der es ohne Vorlage zeichnen kann; es erscheint völlig verfehlt. Schaltzeichen brauchen durchaus nicht alle Einzelheiten zu zeigen; es genügt, wenn die charakteristischen Einzelheiten angedeutet sind. Wichtig ist, daß sie einprägsam sind.

Beim Fernsehen spielen auch die Elektronenvervielfacherröhren eine Rolle. Die Schaltzeichen für die Sekundäremissionselektroden wurden geändert. Für die Elektrode mit ausgenutzter Sekundäremission (= Sekundäremissionskatode; in der Norm „Prallanode" genannt) tritt an die Stelle zweier von der Elektrode wegweisender Pfeile ein Pfeil in der Zuleitung (19.1). Das frühere Zeichen war unbedingt richtiger. Die Sekundärelek-

Lfd. Nr.	Schaltzeichen bisher	Schaltzeichen neu	Benennung
3.2		[Symbol]	**Seitenanschluß** für Napfkontakt
12.1	[Symbol]	[Symbol]	**Kolben für Spezialröhre** Kolben für Katodenstrahlröhre
12.2		[Symbol]	Kolben für Superikonoskop
13.2		[Symbol]	**Kolben mit leitendem oder halbleitendem Belag** Kolben mit teilweise leitendem oder halbleitendem Innenbelag und Herausführung
19.1	[Symbol]	[Symbol]	**Kalte Elektrode mit ausgenutzter Sekundäremission** Prallanode
19.2	[Symbol]	[Symbol]	Elektronendurchlässige Prallanode (Prallgitter)
			Elektronenoptische Elektrode
20.1	[Symbol]	[Symbol]	allgemein, insbesondere Blende
20.2	[Symbol]	[Symbol]	ohne Blendwirkung
20.3	[Symbol]	[Symbol]	Wehneltzylinder
20.4		[Symbol]	Mehrfachblende
29	[Symbol]	[Symbol]	Ablenkplatten, elektrostatische Ablenkung
30	[Symbol]	[Symbol]	Ablenkzylinder für radiale Ablenkung

Lfd. Nr.	Schaltzeichen bisher	Schaltzeichen neu	Benennung
			Magnetische Elektronenlinse, Konzentrierspule
31.1			allgemein
31.2			mit Eisen und Ringspalt
31.3			mit Eisen und Polschuhen
31.4			mit Dauermagnet
32			Ionenfalle mit Dauermagnet
			Ablenkspule, magnetische Ablenkung
33.1			allgemein
33.2			zwei zueinander senkrechte Ablenkfelder mit Darstellung einer transformatorisch gekoppelten Wicklung, z. B. für Hochspannungserzeugung
45			**Katodenstrahlröhre mit Innenbelag** Beispiel für Aufbau: Katode, Wehneltzylinder, Magnetische Konzentrierung, Anode, Elektrostatische radiale Ablenkung
46			**Katodenstrahlröhre** Beispiel für Aufbau: Katode, Wehneltzylinder, Magnetische Konzentrierung, Anode, Magnetische Ablenkung
47			Zweistrahlröhre, Beispiel

Lfd. Nr.	Schaltzeichen bisher	Schaltzeichen neu	Benennung
55			Speicherelektrode mit Ausnutzung der Sekundäremission nur in Pfeilrichtung
			Lichtgesteuerter Sekundärelektronenvervielfacher
56.1			mit Elektroden
56.2			mit Prallgitter
			Verstärkerröhre mit Sekundärelektronenvervielfachung
57			Bildfänger mit Mosaikkatode (Ikonoskop)
58			Bildfänger mit Bildwandler (Superikonoskop)
59			Sondenbildfänger
60			Bildwandler
61			Orthikon

tronen treten doch aus der Anodenoberfläche und nicht aus der Zuleitung aus! Hinzu kommt, daß die Anode nicht einheitlich gezeichnet ist: In Nr. 19.1 ist sie ein dicker Strich, in Nr. 56.1 dagegen sind die Prallanoden kurze, dünne Striche. Man ist außerdem inkonsequent, denn im Zeichen Nr. 55 sind die von der Anode ausgehenden Pfeilspitzen geblieben! Analog dem neuen Zeichen für die Sekundärelektronenanode ist auch das Zeichen für ein Gitter mit ausgenutzter Sekundäremission (Nr. 19.2; jetzt „Prallgitter" genannt) neu. Entsprechend der vorgeschlagenen Kennzeichnung der Elektroden sind auch die Röhrensymbole geändert: der Sekundärelektronenvervielfacher mit Fotokatode und Sekundäremissionsgitter (Nr. 56.2). Für die Verstärkerröhre mit Sekundärelektronenvervielfachung wurde diesmal kein Beispiel gebracht, es ist aber analog zu gestalten.

Zusammenfassend muß zu dem neuen Normblattentwurf DIN 40700 festgestellt werden, daß in den neuen Entwurf viel Arbeit hineingesteckt wurde und manche Verbesserung und Verfeinerung festzustellen ist, daß aber unbedingt einige grundsätzliche Erwägungen hätten beachtet werden müssen. Schaltzeichen sollen einprägsam sein und nach Möglichkeit in ihrer Form die Eigentümlichkeit des Dargestellten zeigen. Bereits vorhandene Schaltzeichen sollten nur geändert werden, wenn zwingende Gründe hierfür vorliegen. Stimmen unsere Schaltzeichen mit den international gebräuchlichen überein, so ist es völlig unzulässig, die Schaltzeichen plötzlich grundlegend zu ändern, da sie dann für andere Länder unverständlich werden. Die dargestellten Schaltzeichen müssen sorgfältig gezeichnet sein und untereinander übereinstimmen, nicht, daß zum Beispiel ein Gitter einmal aus drei und einmal aus vier Strichen besteht. Die Terminologie muß exakt und wissenschaftlich begründet sein. Betrachtet man die neue Schaltzeichennorm DIN 40700 nach diesen Gesichtspunkten, so muß man leider feststellen, daß sie diesen Forderungen nicht immer entspricht. Man hat im Gegenteil den Eindruck, daß zu ihrer Ausarbeitung oft nicht die richtigen Fachleute (zum Beispiel auf dem Dezimeter- und Zentimetergebiet) herangezogen wurden, so daß diese Norm nicht nur Mängel, sondern sogar Unrichtigkeiten enthält. Außerdem darf die Diskussion über Schaltzeichen, die ja nicht nur den engen Kreis der Normenfachleute interessiert, keinesfalls durch zu kurze Termine eingeengt werden. Die Diskussion muß in der Fachpresse, die an diesen Normen ja am meisten interessiert ist, und in voller Öffentlichkeit stattfinden. Selbstverständlich muß die dafür erforderliche Zeit vorhanden sein. Der Abdruck in der „Elektronorm" allein genügt nicht, da der Leserkreis dieser Zeitschrift begrenzt ist, und selbst die Industrie diese Zeitschrift leider viel zu wenig beachtet. Man muß deshalb fordern, daß nach dem 31. Mai noch nicht die endgültige Form der DIN-Norm aufgestellt wird, sondern daß man das Ergebnis der Diskussion in der Fachpresse abwartet, bevor eine Verbindlichkeitserklärung erfolgt.

Sein oder Nichtsein unserer Nation

In der Sitzung der Volkskammer am 26. 5. 1954 führte der Abgeordnete Prof. Dr. Schwarz folgendes aus:

Die Vertreter unseres geistigen Lebens, unsere Dichter und Denker, unsere Erfinder, Künstler, Forscher und Lehrer, tragen eine besonders große Verantwortung als Hüter der kulturellen Tradition, als Erneuerer ihrer unvergänglichen Werte, als Schöpfer neuer geistiger Werte und sind so die wichtigsten Mitstreiter um die Einheit Deutschlands.

Darum aber auch wenden sich die Machthaber einer untergehenden kriegerischen Epoche gegen diesen Aufstieg Deutschlands zu neuer friedlicher Blüte, richtet sich der Stoß ihrer Propaganda direkt oder indirekt gegen unsere nationale Kultur.

Im vergangenen Jahre verbot mir die Polizei einer westdeutschen Universitätsstadt, einen öffentlichen Vortrag zu halten, in dem ich auch die Einwirkungen radioaktiver Substanzen auf die lebende Substanz behandelt hätte. Der damalige Direktor der Universität dieser Stadt ließ mich inständig bitten, von einem Gastvortrag in einem der Universitätsinstitute zurückzutreten, weil Angehörige studentischer Korporationen ihm drohten, einen Skandal zu provozieren und mich zu verprügeln.

Was steckt dahinter? In aller Öffentlichkeit fordern bereits die Rüstungsmagnaten und ihre Generäle in Westdeutschland, mit der Entwicklung und Erprobung radioaktiver Waffen zu beginnen, und schon haben die amerikanischen Kriegstreiber Atomkanonen in Westdeutschland aufgestellt. Wir haben aber heute das sichere Wissen, daß allein schon die bei den Experimenten mit radioaktiven Waffen entstehenden, künstlich radioaktiv gewordenen Elemente überallhin durch die Atmosphäre verbreitet werden. Dauer und Intensität ihrer Wirkungen sind unterschiedlich, von wenigen Monaten bis zu vielen Jahren, von niedrigem Grade bis zur größten Gefährlichkeit, nicht kontrollierbar im ganzen und nicht voraussagbar im einzelnen. Damit drohen aber nicht nur dem Menschen, sondern genauso seinen Haustieren und seinen Kulturpflanzen, seinem treuen Hund wie der Blume seiner Gärten unerhörte Gefahren. Diese Gefahren wirken sich nicht plötzlich, noch ohne weiteres sichtbar aus, sondern meistens in unheimlicher Heimlichkeit schleichend, fortschreitend und dann unerwartet, oft erst in der Nachkommenschaft, sich sprunghaft äußernd. Daher ist dies alles genauso eine Angelegenheit jedes Bauern, jedes Arbeiters wie auch des Wissenschaftlers und des Künstlers.

In Westdeutschland hat man genauso wie bei uns die ganze Wahrheit in der Hand, gibt aber nicht einen Bruchteil von ihr der Öffentlichkeit preis. Das Verbot meines Vortrages wurde damit begründet, daß er geeignet sei, die abendländische Wissenschaft zu zersetzen.

Was ist das für eine merkwürdige abendländische Wissenschaft, die des Schutzes ausgerechnet jener Polizei bedarf, die je nachdem behutsam oder aber auch eifrig und gewaltsam den deutschen Militarismus und Faschismus schützt und pflegt! Ich frage meine westdeutschen Kollegen: Was gedenkt ihr zu unternehmen, um eine politische Herrschaft zu brechen, die die Wissenschaft zu ihrer eigenen Vernichtung mißbraucht und dem gesamten Leben zutiefst feindlich gegenübersteht? Es kann darauf nur eine einzige Antwort geben: Ihr habt es mit eurem Wissen in der Hand, jenen, die mit der Atomwaffe rasseln, diese Waffe des Verbrechens am Leben aus der habgierigen Hand zu schlagen! Ich bin mit allen meinen Kollegen der Deutschen Demokratischen Republik der Überzeugung, daß auch ihr in Westdeutschland nicht gegen die seid, die allen Reichtum dieser Erde mit ihrer schweren Arbeit schaffen, und daß ihr nicht für die seid, die diesen Reichtum mit allen Mitteln des Verbrechens und der Gewalt an sich reißen. So werdet ihr euch entscheiden im Osten wie im Westen mit eurem Volke für das Leben und seine neue Blüte, für seine wiedererstandene humanistische Kultur. Der Wille des deutschen Volkes macht euch diese Entscheidung leicht.

Regelmäßige Fernsehsendungen in der CSR

Seit Ende Februar dieses Jahres hat das Prager Zentrale Fernsehstudio die bisher durchgeführten Fernsehversuchssendungen durch einen regelmäßigen Fernsehsendebetrieb mit festem Programm abgelöst. Diese neue Bereicherung des kulturellen Lebens der tschechoslowakischen Bevölkerung ist in erster Linie dem Februarsieg der Werktätigen über die Reaktion im Jahre 1948 zu verdanken. Durch diesen Sieg wurde die Rundfunk- und Fernmeldeindustrie von den ausländischen Konzernen unabhängig, die ihren Ausbau bisher gehemmt hatten.

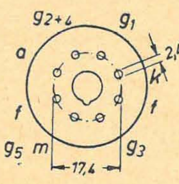
Während der Probearbeit von 10 Monaten hatte es sich erwiesen, daß das Prager Fernsehstudio sowohl technisch als auch hinsichtlich der Programmgestaltung in der Lage ist, zu regelmäßigen Sendungen überzugehen. Der gute Bild- und Tonempfang des Fernsehgerätes „Tesla" und insbesondere die Reichweite der Fernsehsendungen über einen Umkreis von 40 km über Prag hinaus tragen dazu bei, daß die Zahl der Fernsehteilnehmer ständig wächst. In absehbarer Zeit wird das Fernsehprogramm um Direktübertragungen von Theatervorstellungen, Sportveranstaltungen usw. bereichert werden. Gleichzeitig mit dem Beginn der regelmäßigen Fernsehsendungen hat der tschechoslowakische Rundfunk mit der Übertragung eines dritten Rundfunkprogramms auf Ultrakurzwellen begonnen.

RÖHRENINFORMATION — 6 SA 7

bearbeitet von Ing. Fritz Kunze

29⌀
6 SA 7
60
74,4
11,8
8⌀
32⌀

Maximale Kolbenabmessungen ←



Anschluß der Sockelstifte, von unten gegen die Stifte gesehen →

Verwendung

Regelbare Mischheptode; für UKW nicht zu empfehlen. Da die Röhre keine getrennte Oszillatoranode hat, ist eine Verwendung als selbsterregte Mischröhre nur mit Katodenrückkopplung (Eco-Schaltung) möglich. Die HF-Schwingung und die Regelspannung werden dem Gitter 3, das als Regelgitter ausgebildet ist, zugeführt.

Im KW-Bereich ist es zweckmäßiger, eine getrennte Oszillatorröhre, zum Beispiel die 6 J 5, zu verwenden, weil dadurch Frequenzverwerfungen beim Regeln vermieden werden können.

Während Mischheptoden in Amerika sehr gebräuchlich sind, konnte sich diese Röhrenart in Deutschland nicht durchsetzen. Hier benutzte man früher die Oktode, die sich von einer Heptode wie die 6 SA 7 durch eine zusätzliche Oszillatoranode unterscheidet. Die Oktode wurde durch die Triode-Hexode bzw. Triode-Heptode verdrängt, bei der die Gefahr der Frequenzverwerfung bedeutend geringer ist. In Deutschland werden Mischheptoden nur in Batteriegeräten verwendet.

Hersteller

Die 6 SA 7 wurde vom VEB Werk für Fernmeldewesen HV-RFT hergestellt.

Heizung

Indirekt geheizte Oxydkatode, Wechselstromheizung, Parallelspeisung.

Heizspannung	U_f	6,3 V
Heizstrom	I_f	0,3 A

Betriebswerte als fremderregte Mischröhre

Anodenspannung	U_a	250	100	V
Schirmgitterspannung	U_{g2+4}	100	100	V
Vorspannung Gitter 3	U_{g3}	—2	—2	V
Gitterableitwiderstand	R_{g1}	20	20	kΩ
Anodenstrom ...	I_a	3,5	3,3	mA
Schirmgitterstrom	I_{g2+4}	8,5	8,5	mA
Gitterstrom	I_{g1}	0,5	0,5	mA
Oszillatorwechselspannung	$U_{osz\,eff}$	10	10	V
Oszillatorgleichspannung	$I_{g1} x R_{g1}$	—10	—10	V
Katodenstrom ...	I_k	12,5	12,3	mA
Mischsteilheit bei U_{g3} = —2 V	S_c	450	425	μA/V
Innenwiderstand bei U_{g3} = —2 V	R_i	ca. 1	0,5	MΩ

Betriebswerte als selbsterregte Mischröhre

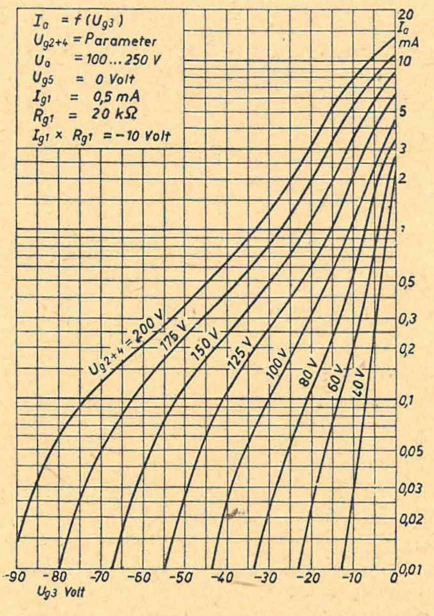
Gleiche Daten wie beim Betrieb als fremderregte Mischröhre, aber U_{g3} = 0 V statt —2 V.

Aufbau

System senkrecht auf Preßglasteller aufgebaut. Röhre mit außenmetallisiertem Glaskolben und Oktalsockel. Die Schirmgitter 2 und 4 sind im Innern der Röhre miteinander verbunden. Gitter 1 ist das Oszillatorgitter und Gitter 3 das Steuergitter, an das die Empfangsfrequenz geleitet wird. Gitter 5, ein Bremsgitter, ist zusammen mit der Metallisierung an einen besonderen Stift geführt.

Paralleltypen

OSW 3104 und HF 3104 sind veraltete Bezeichnungen für die 6 SA 7. In der Sowjetunion heißt die 6 SA 7 6 A 7 und darf nicht mit der amerikanischen Röhre 6 A 7 verwechselt werden. Die amerikanische Röhre 6 A 7 ist eine sogenannte Pentagrid-Converter-Röhre, bei der Gitter 3 und 5 Schirmgitter sind, also gewissermaßen eine Oktode ohne Bremsgitter. Gleiches System und gleichen Sockel wie die 6 SA 7 haben die 12 SA 7 und die 12 SY 7, aber U_f = 12,6 V und I_f = 0,15A. Ähnlich der 6 SA 7 sind die 6 BE. 6 L 7 und 7 Q 7. Die Mischsteilheit der Röhren 6 SB 7 und 6 BA 7 ist bei gleicher Heizleistung doppelt so hoch als die der 6 SA 7. Die 12 BA 7, 12 BE 6 und die 14 Q 7 entsprechen den betr. Röhren der 6er Reihe, haben aber doppelte Heizspannung und halben Heizstrom.



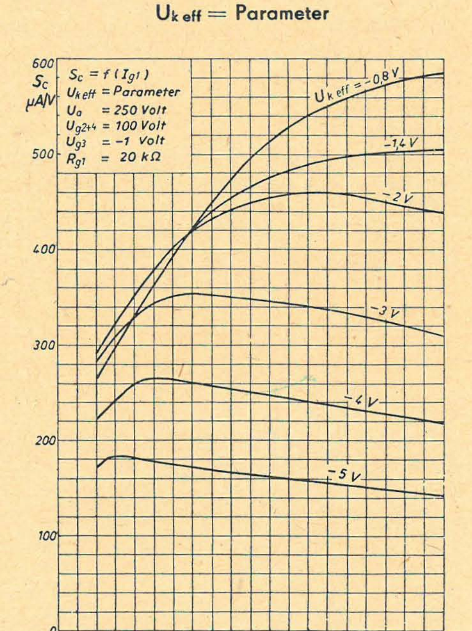
Anodenstrom in Abhängigkeit von U_{g3}

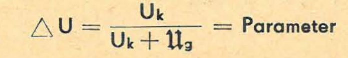
Sc = f (Ug3)
Ug2+4 = Parameter
Ua = 100...250 V
Ug5 = 0 Volt
Ig1 = 0,5 mA
Rg1 = 20 kΩ
Ig1 × Rg1 = −10 Volt
Ug2+4 = 200 V, 175 V, 150 V, 120 V, 100 V, 80 V, 60 V, 40 V
S μA/V
Ug3 Volt

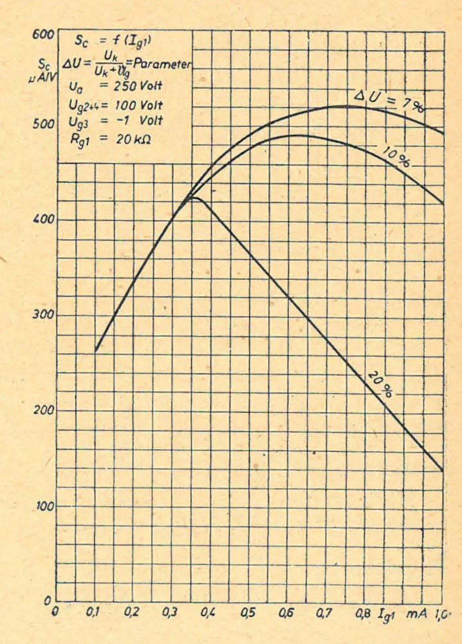
Mischsteilheit in Abhängigkeit von U_{g3}

Die 6 SA 7 als selbsterregte Mischröhre

$U_{k\,eff}$ = Parameter

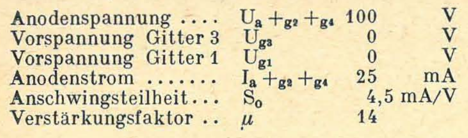




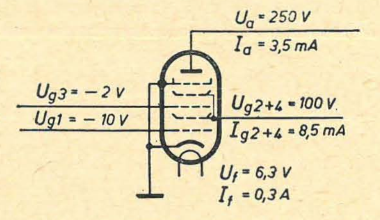


Betriebswerte als Oszillator

Gitter 2 + 4 mit Anode verbunden



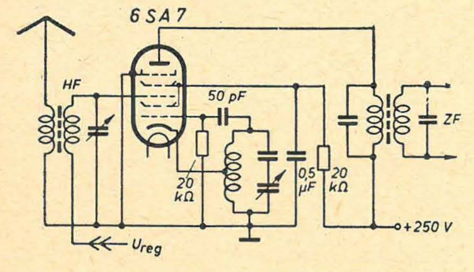
Anodenspannung	$U_a + _{g2} + _{g4}$	100	V
Vorspannung Gitter 3	U_{g3}	0	V
Vorspannung Gitter 1	U_{g1}	0	V
Anodenstrom	$I_a + _{g2} + _{g4}$	25	mA
Anschwingsteilheit...	S_o	4,5	mA/V
Verstärkungsfaktor ..	μ	14	



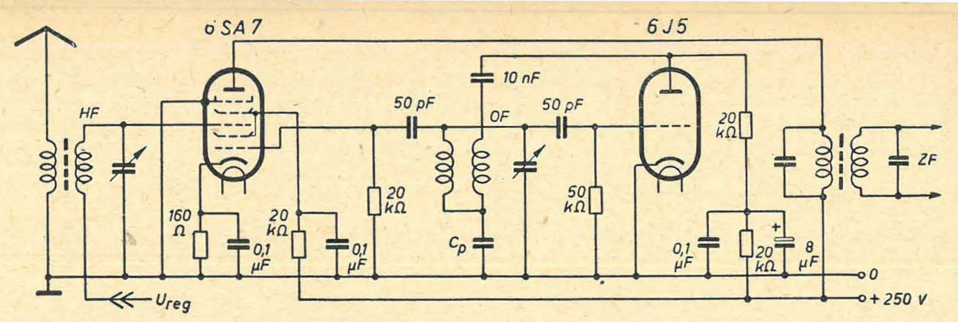
Meßschaltung

Kapazitäten

HF-Eingang	c_{g3}	ca.	10	pF
Oszillatoreingang ..	c_{g1}	ca.	7,5	pF
Ausgang	c_a	ca.	10,5	pF
Gitter 3 — Anode ..	$c_{g3/a}$	≦	0,13	pF
Gitter 3 — Gitter 1	$c_{g3/g1}$	≦	0,18	pF
Gitter 1 — Anode ..	$c_{g1/a}$	≦	0,09	pF

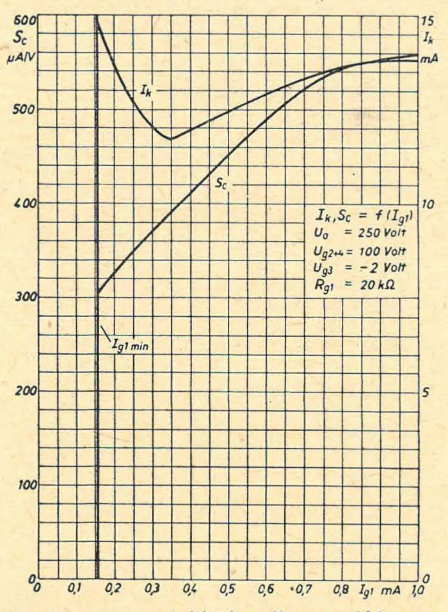


Schaltung der 6 SA 7 als selbsterregte Mischröhre



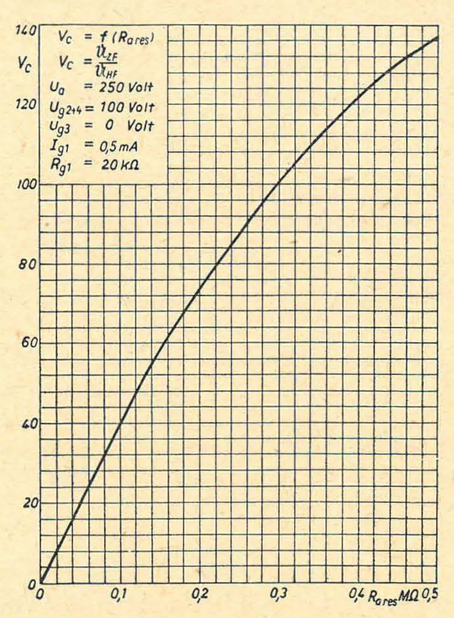
Schaltung der 6 SA 7 als fremderregte Mischröhre

Fremderregte Mischröhre



Katodenstrom und Mischsteilheit in Abhängigkeit vom Gitterstrom

Selbsterregte Mischröhre



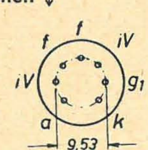
Mischverstärkung in Abhängigkeit vom Resonanzwiderstand des Anodenkreises

Grenzwerte

Anodenkaltspannung	$U_{aL\,max}$	550	V
Anodenspannung ..	$U_{a\,max}$	300	V
Anodenbelastung ..	$N_{a\,max}$	1	W
Schirmgitterkaltspannung	$U_{g2+4\,L\,max}$	550	V
Schirmgitterspannung fest	$U_{g2+4\,max}$	100	V
gleitend	$U_{g2+4\,max}$	300	V
Schirmgitterbelastung	$N_{g2+4\,max}$	1	W
Katodenstrom	$I_{k\,max}$	14	mA
Spannung zwischen Faden und Katode	$U_{f/k\,max}$	100	V
Äußerer Widerstand zwischen Faden und Katode	$R_{f/k\,max}$	20	kΩ

EC 92

Anschluß der Sockelstifte, von unten gegen die Stifte gesehen ↓





↑ Maximale Kolbenabmessungen

Verwendung

UHF-Verstärkerröhre für Gitterbasis-, neutralisierte Katodenbasis- und Kaskodeschaltungen, als Oszillator- und additive Mischröhre zu verwenden. Geeignet für große Bandbreiten und für den Einsatz bei Frequenzen bis zu 300 MHz.

Aufbau

Miniaturröhre mit sieben Stiften, senkrecht aufgebautes Triodensystem.

Hersteller

VEB Funkwerk Erfurt HV-RFT.

Paralleltypen

Die amerikanische Bezeichnung für die EC 92 ist 6 AB 4.

Heizung

Indirekt geheizte Oxydkatode, Parallelheizung.

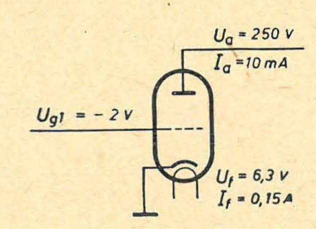
Heizspannung	U_f	6,3	V
Heizstrom	I_f	0,15	A

Meßwerte und Betriebswerte als HF-Verstärker in Katodenbasisschaltung

U_a	250	200	170	V
R_k	200	180	250	Ω
U_{g1}	—2	—1,5	—1,5	V
I_a	10	8,5	6	mA
S	5	5,6	4,6	mA/V
μ	60	63	63	
R_i	12	11,2	13,7	kΩ
rä	0,7	0,6	0,7	kΩ
r_e (100 MHz)		ca. 6,5		kΩ

Falls kein Gitterstrom auftritt, können auch die bei der ECC 81[1]) genannten Arbeitspunkte bei U_{g1} = — 1 V gewählt werden.

Die Betriebswerte als selbstschwingende Mischröhre und Grenzwerte sind die gleichen wie bei der ECC 81[1]). Kennlinienfelder siehe ECC 81. Auch die dort angegebenen Schaltskizzen gelten sinngemäß für die EC 92; an Stelle einer ECC 81 sind zwei Röhren EC 92 zu verwenden.



Meßschaltung

Kapazitäten

Katodenbasisschaltung

Eingang	c_e	ca. 2,5 pF
Ausgang	c_a	ca. 0,45 pF
Gitter — Anode	$c_{g/a}$	ca. 1,4 pF
Faden — Katode	$c_{f/k}$	ca. 2,3 pF

Gitterbasisschaltung

Katode — Gitter + Faden	$c_{k/g+f}$	ca. 4,5 pF
Anode — Gitter + Faden	$c_{a/g+f}$	ca. 1,7 pF
Anode — Katode	$c_{a/k}$	ca. 0,24 pF

Grenzwerte

Die Grenzwerte der EC 92 sind die gleichen, wie bei der ECC 81 je System angegeben.

[1]) Siehe DEUTSCHE FUNK-TECHNIK Heft 3 (1954) Seiten 87/88.

LEHRGANG FUNKTECHNIK

Hörrundfunk

22. Fortsetzung

Von Dipl.-Ing. A. RASCHKOWITSCH

Die Rückkopplungsspannung wird am Teilwiderstand R_g abgegriffen, der gleichzeitig der Gitterableitwiderstand ist (vgl. Bild 287a). Sie liegt also parallel zum Eingang (Parallelrückkopplung). Die Anodenstromrückkopplung erfolgt am zweckmäßigsten durch einen wechselstrommäßig nicht überbrückten Katodenwiderstand (Bild 287b). Der Spannungsabfall an R_k ist proportional dem Anodenstrom der Röhre. Der Anodengleichstromanteil dient in der üblichen Weise zur Erzeugung der automatischen Gittervorspannung, während der Anodenwechselstromanteil maßgebend für die Rückkopplungsspannung ist. Beide Anteile gelangen über den Gitterableitwiderstand an das Steuergitter. Sie liegen hier in Reihe mit dem Eingang (Reihenrückkopplung). Die gemischte Rückkopplung ist im Bild 287c angedeutet. Sie kann als Überlagerung der Strom- und Spannungsrückkopplung aufgefaßt werden.

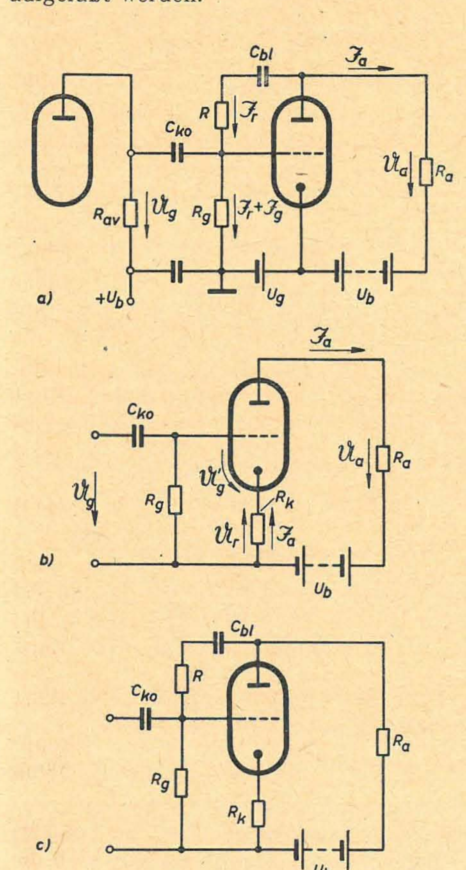


Bild 287: Prinzipschaltungen rückgekoppelter einstufiger Verstärker
a) Anodenspannungsgegenkopplung
b) Anodenstromgegenkopplung
c) gemischte Gegenkopplung

Je nach der Phasenlage der Rückkopplungsspannung $\mathfrak{U}_r$ zur Steuerspannung $\mathfrak{U}_1$ unterscheidet man folgende Rückkopplungsarten:

1. Mitkopplung (positive Rückkopplung) oder Rückkopplung im engeren Sinne ist dann vorhanden, wenn beide Spannungen in Phase sind, das heißt gleichsinnig wirken. In diesem Falle unterstützen sie sich, so daß die resultierende Steuerspannung größer wird. Dadurch entsteht auch eine höhere Anodenwechselspannung. Wegen dieser verstärkungserhöhenden und entdämpfenden Wirkung wird die Mitkopplung vornehmlich zur Schwingungserzeugung angewendet.

2. Gegenkopplung (negative Rückkopplung) entsteht bei gegenphasigen Eingangsspannungen. Die resultierende Steuerspannung und die Anodenwechselspannung werden kleiner. Die Gegenkopplung hat daher eine Verstärkungsminderung zur Folge und ist insbesondere zur Entzerrung von Verstärkerstufen geeignet. Schaltungsmäßig läßt sich eine Gegenkopplung durch Umpolen der Rückkopplungsspannung in eine Mitkopplung umwandeln und umgekehrt.

3. Blindrückkopplung ist bei einer Phasenverschiebung von $\pm 90°$ zwischen der Eingangs- und der Rückkopplungsspannung vorhanden. Sie wird zur Erzeugung spannungsgesteuerter Blindwiderstände (Reaktanzröhren) verwendet.

Die im Bild 287 gezeigten Rückkopplungsschaltungen arbeiten demnach mit Gegenkopplungen, da die Rückkopplungsspannungen der Eingangsspannung jeweils entgegenwirken. Für die Schaltung nach Bild 287b ist dies ohne weiteres klar, wenn man bedenkt, daß der durch den Anodenwechselstrom hervorgerufene Spannungsabfall am Katodenwiderstand in bezug auf die Katode in Phase mit der Anodenwechselspannung ist. Diese ist jedoch zum Anodenstrom und somit auch zur Steuerspannung gegenphasig. Will man eine Mitkopplung erzielen, so muß die Rückkopplungsspannung erst durch einen Übertrager oder eine Phasenumkehrstufe umgepolt werden, damit sie die Eingangsspannung unterstützt.

Die Wirkungsweise der Schaltung nach Bild 287a ist etwas komplizierter. Dadurch, daß die Rückkopplungsspannung parallel zum Eingang liegt, stellt der Rückkopplungsstrom $\mathfrak{J}_r$ eine zusätzliche Belastung des Röhreneinganges dar. Dies ist gleichbedeutend mit einer Verkleinerung des Röhreneingangswiderstandes. Infolgedessen wird der wirksame Anodenwiderstand der Vorröhre kleiner und damit auch deren Verstärkung. Zur Erzielung der gleichen Ausgangsspannung bzw. Steuerspannung $\mathfrak{U}_g$ muß das Eingangssignal der Vorröhre entsprechend erhöht werden. Dieses Verhalten der Schaltung kommt jedoch einer Gegenkopplung gleich.

Die Rückkopplungsgleichung

Nach Bild 286a gilt am Verstärkereingang bei Mitkopplung und gleicher Ausgangsspannung, wie sie ohne Rückkopplung besteht, die folgende Spannungsgleichung:

$$\mathfrak{U}_1 = \mathfrak{U}_r + \mathfrak{U}_1' \qquad (105)$$

oder

$$\mathfrak{U}_1' = \mathfrak{U}_1 - \mathfrak{U}_r \qquad (105a)$$

und mit $\mathfrak{U}_r = \mathfrak{K}\mathfrak{U}_2$ schließlich:

$$\mathfrak{U}_1' = \mathfrak{U}_1 - \mathfrak{K}\mathfrak{U}_2. \qquad (105b)$$

Dabei stellt $\mathfrak{U}_1'$ die beim Vorhandensein einer Rückkopplung wirksame Steuerspannung dar, während $\mathfrak{K}$ den Rückkopplungsfaktor bedeutet. Dieser ist gleich oder kleiner als 1 und gibt an, welcher Teil der Ausgangsspannung $\mathfrak{U}_2$ als Rückkopplungsspannung wirkt. Definitionsgemäß gilt für den Rückkopplungsfaktor, der ein Maß für die Rückkopplung darstellt,

$$\mathfrak{K} = \frac{\mathfrak{U}_r}{\mathfrak{U}_2}. \qquad (106)$$

Er ist im allgemeinen frequenzabhängig und so definiert, daß der Mitkopplung ein positives $\mathfrak{K}$ (+ K) und der Gegenkopplung ein negatives $\mathfrak{K}$ (— K) entspricht. Damit erklärt sich auch das Minuszeichen in den Gleichungen (105a) und (105b), und zwar in folgender Weise: Da sich bei Mittkopplung die Eingangs- und die Rückkopplungsspannung unterstützen, ist offensichtlich zur Erzielung der gleichen Ausgangsspannung $\mathfrak{U}_2$, wie sie ohne Mitkopplung vorhanden wäre, eine geringere Steuerspannung für die mitgekoppelte Röhre ausreichend. Bei Gegenkopplung, das heißt, bei negativem $\mathfrak{K}$, ist das Umgekehrte der Fall. Zur Erzielung der gleichen Ausgangsspannung ist eine höhere Eingangsspannung für die gegengekoppelte Röhre notwendig.

Dividiert man die Gleichung (105b) durch $\mathfrak{U}_2$, so ist:

$$\frac{\mathfrak{U}'_1}{\mathfrak{U}_2} = \frac{\mathfrak{U}_1}{\mathfrak{U}_2} - \mathfrak{K}. \qquad (105c)$$

Für die Spannungsverstärkung ohne Rückkopplung gilt definitionsgemäß

$$\mathfrak{V} = \frac{\mathfrak{U}_2}{\mathfrak{U}_1}.$$

Ganz analog kann für die Verstärkung $\mathfrak{V}'$ mit Rückkopplung geschrieben werden:

$$\mathfrak{V}' = \frac{\mathfrak{U}_2}{\mathfrak{U}_1'}.$$

Mit diesem Ausdruck wird aus Gleichung (105c)

$$\frac{1}{\mathfrak{V}'} = \frac{1}{\mathfrak{V}} - \mathfrak{K} \quad (107)$$

oder

$$\frac{\mathfrak{V}}{\mathfrak{V}'} = 1 - \mathfrak{V}\mathfrak{K} = \mathfrak{g}. \quad (107\,a)$$

Die Gleichung (107a) wird Rückkopplungsgleichung genannt. Ihre rechte Seite wird als Rückkopplungsgrad $\mathfrak{g}$ bezeichnet. Dieser erweist sich als eine sehr zweckmäßige Rechengröße, da er unmittelbar das Verhältnis der Verstärkungen ohne und mit Rückkopplung angibt.

Der Rückkopplungsgleichung kann entnommen werden, daß für die Rückkopplung nicht nur der Rückkopplungsfaktor $\mathfrak{K}$ von Bedeutung ist, sondern daß auch die Verstärkung $\mathfrak{V}$ eine Rolle spielt. Es kann daher auch bei sehr kleinem Rückkopplungsfaktor eine starke Rückkopplung eintreten, und zwar dann, wenn die Verstärkung groß ist.

Bei Mitkopplung, also bei positivem $\mathfrak{K}$, wird der Rückkopplungsgrad $1 - \mathfrak{V}\mathfrak{K} < 1$ und somit nach Gleichung (107a) $\mathfrak{V} < \mathfrak{V}'$. Diese Verstärkungssteigerung bedingt jedoch, wie wir sehen werden, größere Verzerrungen und Störungen als sie ohne Mitkopplung vorhanden wären.

Bei Gegenkopplung, also bei einem negativen $\mathfrak{K}$, wird der Rückkopplungsgrad $1 + \mathfrak{V}\mathfrak{K} > 1$ und somit $\mathfrak{V} > \mathfrak{V}'$. Mit der Verstärkungsminderung nehmen im gleichen Maße auch die Verzerrungen und Störungen ab, so daß die Gegenkopplung in jeder Beziehung der Mitkopplung entgegenwirkt.

Obwohl die Gleichung (107a) von einer Reihenspannungsrückkopplung (vgl. Bild 286a) abgeleitet wurde, hat sie praktisch auch für die übrigen Rückkopplungsarten Gültigkeit. Bei Reihenstromrückkopplung kann sie durch Einsetzen der entsprechenden Stromgrößen ohne weiteres abgeleitet werden. Für die Parallelrückkopplung gilt sie mit genügender Genauigkeit, wenn zwei Voraussetzungen gegeben sind: Erstens muß $\mathfrak{V} \gg 1$ und zweitens soll der Rückkopplungsspannungsteiler möglichst hochohmig sein. Diese Voraussetzungen sind praktisch immer erfüllt.

Einfluß der Rückkopplung auf die Eigenschaften des Verstärkers

Für das rechnerische Erfassen der durch Rückkopplungen bedingten Änderungen der Verstärkung, der linearen und nichtlinearen Verzerrungen und sonstiger Störungen in einem Verstärker stellt man für die Ausgangsspannung $\mathfrak{U}_2$ eines Verstärkers zweckmäßig folgende Gleichung auf:

$$\mathfrak{U}_2 = \mathfrak{V}\mathfrak{U}_1 + \mathfrak{U}_{01} + \mathfrak{U}_s. \quad (108)$$

Dabei stellt der Summand $\mathfrak{V}\mathfrak{U}_1$ die verstärkte sinusförmige Eingangsspannung $\mathfrak{U}_1$ dar. Das Glied $\mathfrak{U}_{01}$ berücksichtigt die auftretenden nichtlinearen Verzerrungen (Oberschwingungen), die eine Funktion der Eingangsspannung $\mathfrak{U}_1$ sind, und $\mathfrak{U}_s$ stellt Störspannungen dar, die von der Eingangsspannung unabhängig sind. Die beiden letzten Summanden sind von der Verstärkung unabhängig.

Wird nun der Verstärker mit dem Rückkopplungsgrad $\mathfrak{g} = \frac{\mathfrak{V}}{\mathfrak{V}'}$ rückgekoppelt, so ergibt sich die Verstärkung $\mathfrak{V}'$ (vgl. Gleichung 107a). Es wird angenommen, daß durch Rückkopplung die Verzerrungen und Störungen, bezogen auf die gleiche Ausgangsspannung, um den Faktor a verändert werden, das heißt von $\mathfrak{U}_{01} + \mathfrak{U}_s$ auf $a\,(\mathfrak{U}_{01} + \mathfrak{U}_s)$. Zur Bestimmung des Faktors a gehen wir am zweckmäßigsten von der Überlegung aus, daß der rückgekoppelte Verzerrungs- und Störspannungsanteil $\mathfrak{K}a\,(\mathfrak{U}_{01} + \mathfrak{U}_s)$ nach $\mathfrak{V}$-facher Verstärkung mit dem ursprünglichen Wert $(\mathfrak{U}_{01} + \mathfrak{U}_s)$ den durch Rückkopplung veränderten Wert $a\,(\mathfrak{U}_{01} + \mathfrak{U}_s)$ ergibt. Es gilt also:

$$a\,(\mathfrak{U}_{01} + \mathfrak{U}_s) = \mathfrak{V}\,\mathfrak{K}a\,(\mathfrak{U}_{01} + \mathfrak{U}_s) + (\mathfrak{U}_{01} + \mathfrak{U}_s). \quad (108\,a)$$

Nach Division durch $(\mathfrak{U}_{01} + \mathfrak{U}_s)$ erhalten wir

$$a = \mathfrak{V}\mathfrak{K}a + 1 \quad (109)$$

und daraus

$$a = \frac{1}{1 - \mathfrak{V}\mathfrak{K}} = \frac{1}{\mathfrak{g}} = \frac{\mathfrak{V}'}{\mathfrak{V}}. \quad (109\,a)$$

Die Verzerrungen und Störungen werden beim rückgekoppelten Verstärker umgekehrt proportional zum Rückkopplungsgrad geändert. Sie werden also bei Mitkopplung $\frac{1}{\mathfrak{g}}$-mal größer und bei Gegenkopplung $\frac{1}{\mathfrak{g}}$-mal kleiner.

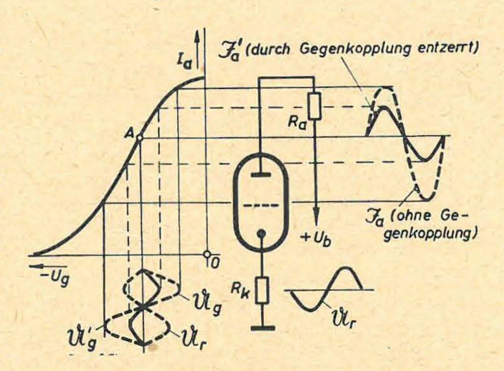


Bild 288: Entzerrung durch Stromgegenkopplung

Die entzerrenden Eigenschaften der Gegenkopplung sind im Bild 288 schematisch dargestellt. Die durch die Nichtlinearität der I_a-U_g-Kennlinie verursachten Verzerrungen des Anodenwechselstromes (gestrichelte Kurve) werden wie folgt aufgehoben: Am Katodenwiderstand fällt eine dem Anodenwechselstrom $\mathfrak{J}_a$ proportionale d. h. formgetreue, jedoch in der Phase um 180° gedrehte Wechselspannung $\mathfrak{U}_r$ ab, die als Rückkopplungsspannung verwendet wird und sich am Gitter der Eingangsspannung $\mathfrak{U}_g$ überlagert. Die wirksame Steuerspannung $\mathfrak{U}_g'$ wird dabei so verformt, daß trotz der nichtlinearen I_a-U_g-Kennlinie ein unverzerrter Anodenwechselstrom und somit auch eine unverzerrte Anodenwechselspannung vorhanden sind. Dem Bild 288 können wir auch ohne weiteres entnehmen, daß im Falle einer Mitkopplung, das heißt beim Umpolen der Rückkopplungsspannung am Katodenwiderstand $\mathfrak{U}_r$, die resultierende Steuerspannung vergrößert wird und somit eine beträchtliche Übersteuerung der I_a-U_g-Kennlinie erfolgt, was zu größeren nichtlinearen Verzerrungen führt.

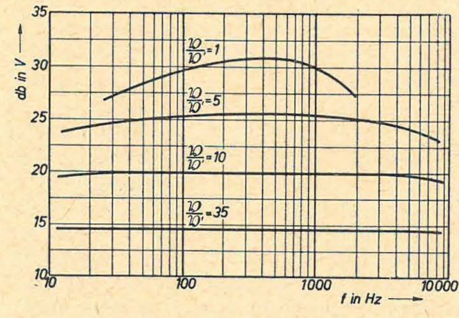


Bild 289: Einfluß der Gegenkopplung auf die Verstärkung und deren Frequenzgang

Die Rückkopplung hat auch einen wesentlichen Einfluß auf die Grenzfrequenzen eines Verstärkers und damit auf die linearen Verzerrungen. Dies wird ohne weiteres klar, wenn man bedenkt, daß zum Beispiel bei einem RC-Verstärker die obere Grenzfrequenz umgekehrt proportional der Verstärkung ist, das heißt, je höher die Frequenz um so kleiner ist die Verstärkung; denn mit steigender Frequenz verringert die Ableitung durch die schädliche Kapazität die Verstärkung (vgl. DEUTSCHE FUNK-TECHNIK Nr. 1 (1954) S. 26). Damit gilt für das Verhältnis der oberen Grenzfrequenzen mit (ω'_o) und ohne (ω_o) Rückkopplung:

$$\frac{\omega_o'}{\omega_o} = \frac{\frac{1}{\mathfrak{V}'}}{\frac{1}{\mathfrak{V}}} = \frac{\mathfrak{V}}{\mathfrak{V}'} = \mathfrak{g}. \quad (110)$$

Bei Mitkopplung ($\mathfrak{g} < 1$) wird nach der obigen Gleichung $\omega'_o < \omega_o$ und bei Gegenkopplung ($\mathfrak{g} > 1$) ist $\omega'_o > \omega_o$, das heißt, bei Gegenkopplung wird die obere Grenzfrequenz auf den $\mathfrak{g}$-fachen Wert heraufgesetzt, während sie bei Mitkopplung um den gleichen Wert zu tieferen Frequenzen hin verschoben wird.

Für die untere Grenzfrequenz eines RC-Verstärkers läßt sich zeigen, daß sie der Frequenz direkt proportional · ist. Je tiefer die Frequenz liegt, um so kleiner ist die Verstärkung, da mit abnehmender Frequenz der Spannungsverlust am Kopplungskondensator steigt und die Verstärkung somit verringert wird [vgl. DEUTSCHE FUNK-TECHNIK Nr. 1 (1954) S. 25]. Man erhält so für das Verhältnis der unteren Grenzfrequenzen

$$\frac{\omega_u'}{\omega_u} = \frac{\mathfrak{V}'}{\mathfrak{V}} = \frac{1}{\mathfrak{g}}. \quad (111)$$

Bei Mitkopplung ($\mathfrak{g} < 1$) wird nach der obigen Gleichung $\omega_u < \omega'_u$ und bei Gegenkopplung ($\mathfrak{g} > 1$) ist $\omega_u > \omega'_u$. Bei Gegenkopplung wird die untere Grenzfrequenz also auf den $\frac{1}{\mathfrak{g}}$-fachen Wert herabgesetzt, während sie bei Mitkopplung um den gleichen Wert zu höheren Frequenzen hin verschoben wird.

Die Gleichungen (110) und (111) vermitteln die wichtige Erkenntnis, daß die Mitkopplung den übertragbaren Frequenzbereich einengt, während ihn die Gegenkopplung erweitert und somit den Frequenzgang von Verstärkern lineari-

siert. Im Bild 289 ist diese Eigenschaft der Gegenkopplung in Abhängigkeit vom Gegenkopplungsgrad dargestellt. Wie man sieht, wird mit steigendem Gegenkopplungsgrad der Frequenzgang linearer, was jedoch mit erheblichem Verstärkungsrückgang verbunden ist.

Rückkopplungskennlinienfeld der Ersatzröhre

Sollen die Aussteuerungsverhältnisse einer rückgekoppelten Röhre beurteilt werden, so empfiehlt es sich, das Rückkopplungskennlinienfeld zu ermitteln. Bei der Konstruktion des Ersatzkennlinienfeldes gehen wir vom I_a-U_a-Kennlinienfeld der betreffenden Röhre aus und berechnen für jede Anodenspannung (Spannungsrückkopplung) oder für jeden Anodenstrom (Stromrückkopplung) die durch die Rückkopplungsspannung veränderte Steuergitterspannung. Die Punkte gleicher scheinbarer Gitterspannungen ergeben die neuen Kennlinien des Ersatzkennlinienfeldes. Aus dem Kennlinienfeld der rückgekoppelten Röhre lassen sich sämtliche Verstärkungs- und Verzerrungseigenschaften bei Aussteuerung mit der scheinbaren Steuergitterspannung in der gleichen Weise ermitteln wie bei einer Röhre ohne Rückkopplung im ursprünglichen Kennlinienfeld.

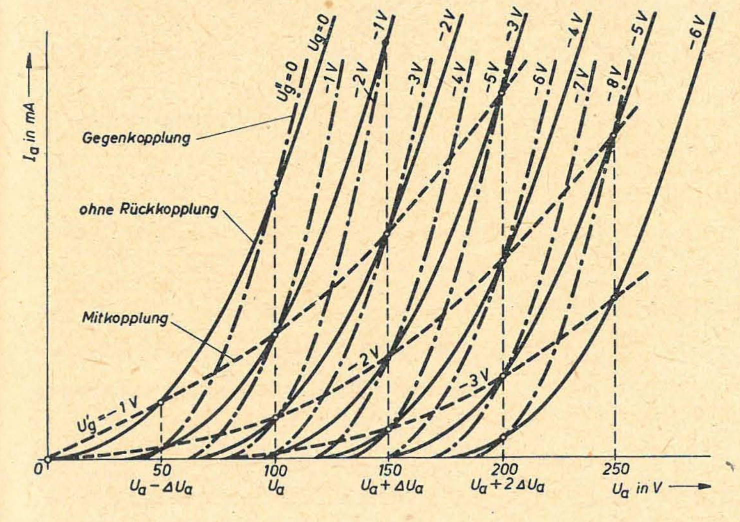
Im Bild 290 ist das I_a-U_a-Ersatzkennlinienfeld einer Triode bei phasenreiner Spannungsrückkopplung dargestellt. Die Rückkopplung erfolgt über einen hochohmigen ohmschen Spannungsteiler im Anodenkreis der Röhre etwa nach Bild 287a. Die in den Gitterkreis rückgekoppelte Spannung ist daher proportional der Anodenwechselspannung. Für die durch die Rückkopplung verursachte Gitterspannungsänderung ΔU_g, das heißt für die Rückkopplungsspannung, gilt

$$\Delta U_g = K_u \cdot \Delta U_a. \qquad (112)$$

Dabei ist K_u der Spannungsrückkopplungsfaktor, der durch das Spannungsteilerverhältnis gegeben ist, ΔU_a stellt die absolute Anodenspannungsänderung dar. Bei Mitkopplung ist K_u positiv und bei Gegenkopplung negativ.

Bei $\Delta U_a = 0$ ist auch $\Delta U_g = 0$. Für diesen Fall, das heißt für die Anodenruhespannung U_a (vgl. Bild 290), stimmen das ursprüngliche und das Kennlinienfeld für die rückgekoppelte Röhre überein. Wird nun $\pm \Delta U_a$ gerade so groß gewählt, daß $\Delta U_g = \pm 1$ V wird, so müssen nach Gleichung (105a) die Ersatzkennlinien bei den Anodenspannungen $U_a \pm \Delta_a U$, $U_a \pm 2\Delta U_a$, $U_a \pm 3\Delta U_a$ usw. die um ± 1 V, ± 2 V, ± 3 V usw. veränderten Kennlinien des ursprünglichen Kennlinienfeldes schneiden. Verbindet man die so erhaltenen Punkte gleicher Gitterspannungen U_g', so stellen die Verbindungslinien das Kennlinienfeld der rückgekoppelten Röhre dar.

Bei Mitkopplung gehört zum Beispiel der Schnittpunkt der Anodenspannung $U_a + \Delta U_a$ mit der ursprünglichen Gitterspannungskennlinie $U_g = -3$ V nach dem Gesagten der Ersatzkennlinie $U_g' = -2$ V an, da bei Mitkopplung die Rückkopplungsspannung positiv ist und damit der negativen Gitterspannung entgegenwirkt (vgl. Bild 290). Bei Gegenkopplung ist die Rückkopplungsspannung negativ, so daß der erwähnte Schnittpunkt jetzt der Ersatzkennlinie $U_g'' = -4$ V angehört.



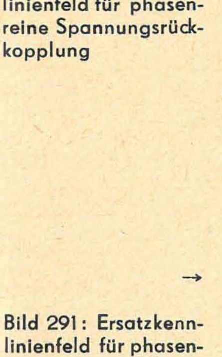


Bild 290: Ersatzkennlinienfeld für phasenreine Spannungsrückkopplung

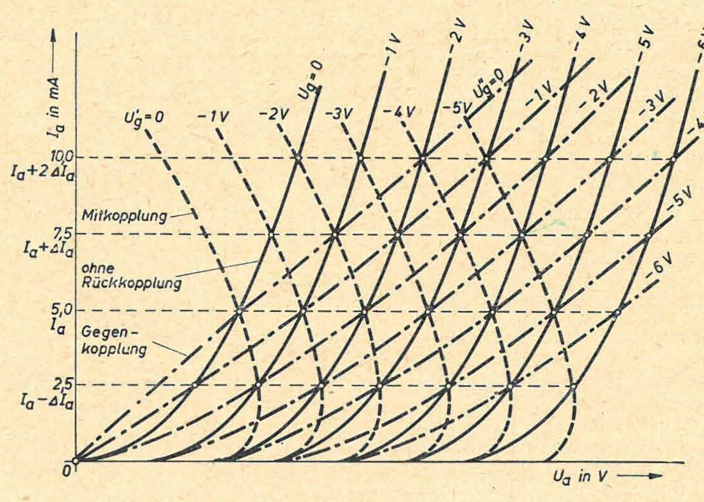


Bild 291: Ersatzkennlinienfeld für phasenreine Stromrückkopplung

Dem Kennlinienfeld der rückgekoppelten Röhre im Bild 290 entspricht nach Gleichung (112), da $\Delta U_a = 50$ V und $\Delta U_g = 1$ V ist, ein Rückkopplungsfaktor:

$$K_u = \frac{1}{50} = 0{,}02 \mathrel{\hat{=}} 2\%.$$

Bei Änderung des Rückkopplungsfaktors erhält man nach Gleichung (112) auch ein anderes Ersatzkennlinienfeld.

Im Falle einer Stromrückkopplung ist die Gitterspannungsänderung ΔU_g, also die Rückkopplungsspannung, proportional der Anodenstromänderung ΔI_a, und es gilt:

$$\Delta U_g = K_i \cdot \Delta I_a. \qquad (113)$$

Der Rückkopplungsfaktor ist hier im Gegensatz zu K_u nach Gleichung (112) nicht dimensionslos, sondern hat die Dimension eines Widerstandes. Für die Konstruktion des rückgekoppelten Kennlinienfeldes gehen wir vom Anodenruhestrom I_a aus. Sie erfolgt sonst in der gleichen Weise wie bei der Spannungsrückkopplung. Nach Bild 291 ist $\Delta U_g = 1$ V und $\Delta I_a = 2{,}5$ mA. Somit berechnet sich der Rückkopplungsfaktor nach Gleichung (113) zu

$$K_i = \frac{1\ \text{V}}{2{,}5\ \text{mA}} = 400\ \Omega.$$

Dieser Wert entspräche in der Schaltung nach Bild 287 dem Katodenwiderstand R_k.

Aus den Bildern 290 und 291 ist ersichtlich, daß durch Rückkopplung die Röhrendaten anscheinend verändert werden. So zeigt Bild 290, daß der Röhreninnenwiderstand durch Spannungsmitkopplung größer (flacher Verlauf der Ersatzkennlinien) und bei Spannungsgegenkopplung kleiner wird (steiler Verlauf der Ersatzkennlinien). Er kann bei stärkerer Mitkopplung sogar negativ werden, das heißt eine fallende Kennlinie verursachen, wobei er den Wert unendlich durchläuft ($R_i \to \infty$). Der Durchgriff wird bei Spannungsgegenkopplung größer (dichtes Ersatzkennlinienfeld), bei Spannungsmitkopplung wird er kleiner. Die Steilheit bleibt bei Spannungsrückkopplung unverändert, da diese unabhängig vom Anodenstrom ist.

Nach Bild 291 bleibt der Durchgriff bei Stromrückkopplung konstant, während Innenwiderstand und Steilheit verändert werden. Der Innenwiderstand wird bei Strommitkopplung Null ($R_i = 0$) und negativ, was ebenfalls eine fallende I_a-U_a-Kennlinie zur Folge hat (vgl. Bild 291). Die Steilheit ist im Falle der Strommitkopplung größer und bei Stromgegenkopplung kleiner als ohne Rückkopplung.

Einfluß der Rückkopplung auf die Röhrendaten

Die Änderungen der Röhreneigenschaften sind mit Hilfe der Rückkopplungsgleichung errechenbar. Zur Berechnung der Innenwiderstandsänderung durch Spannungsrückkopplung geht man am zweckmäßigsten von der Gleichung (45) aus [DEUTSCHE FUNK-TECHNIK Nr. 12 (1953) S. 379]. Nach $\mathfrak{U}_a$ aufgelöst und bei Berücksichtigung, daß $\mathfrak{U}_a$ und $\mathfrak{U}_g$ gegenphasig sind, gilt:

$$\mathfrak{U}_a = -\frac{\mathfrak{U}_g \cdot R_a}{D\,(R_i + R_a)}. \qquad (114)$$

Für eine Rückkopplung ist als Eingangsspannung $\mathfrak{U}_g'$ nach Gleichung (105 b) einzusetzen:

$$\mathfrak{U}_g' = \mathfrak{U}_g - K_u \mathfrak{U}_a.$$

Damit ist für eine spannungsrückgekoppelte Röhre

$$\mathfrak{U}_a = -\frac{\mathfrak{U}_g - K_u \mathfrak{U}_a}{D} \cdot \frac{R_a}{R_i + R_a}. \qquad (114\,a)$$

Nach $\mathfrak{U}_a$ aufgelöst folgt

$$\mathfrak{U}_a = -\frac{\mathfrak{U}_g R_a}{D\,(R_i + R_a) - K_u R_a} \qquad (114\,b)$$

oder, wenn Zähler und Nenner durch R_a dividiert werden,

$$\mathfrak{U}_a = -\frac{\mathfrak{U}_g}{D - K_u + \dfrac{D R_i}{R_a}}. \qquad (114\,c)$$

Für den Anodenwechselstrom gilt:

$$\mathfrak{J}_a = -\frac{\mathfrak{U}_a}{R_a} = \frac{\mathfrak{U}_g}{D\,(R_i + R_a) - K_u R_a}. \qquad (115)$$

Auch die rückgekoppelte Röhre kann als Stromquelle aufgefaßt werden. Für den Innenwiderstand R_i einer Stromquelle gilt entsprechend den Gleichungen (18) und (19) und nach Bild 13 [DEUTSCHE FUNK-TECHNIK Nr. 2 (1952) S. 57]:

$$R_i = \frac{U_L}{I_K}. \qquad (116)$$

Er ist also gleich dem Quotienten der Leerlaufspannung U_L und des Kurzschlußstromes I_K. Für den Röhreninnenwiderstand bei Rückkopplung erhalten wir somit:

$$R_i' = -\frac{\mathfrak{U}_{aL}}{\mathfrak{I}_{aK}}. \qquad (117)$$

Die Anodenleerlaufspannung $\mathfrak{U}_{aL}$ erhält man aus Gleichung (114c) für $R_a \to \infty$ zu:

$$\mathfrak{U}_{aL} = -\frac{\mathfrak{U}_g}{D - K_u}. \qquad (114\,d)$$

Für den Anodenkurzschlußstrom gilt nach Gleichung (115) mit $R_a = 0$

$$\mathfrak{J}_{aK} = \frac{\mathfrak{U}_g}{D R_i}. \qquad (115\,a)$$

Der Innenwiderstand wird somit

$$R_i' = \frac{D R_i}{D - K_u} = R_i \cdot \frac{1}{1 - \dfrac{K_u}{D}}. \qquad (117\,a)$$

Er ist also durch Spannungsrückkopplung um den Faktor $\dfrac{1}{1 - \dfrac{K_u}{D}}$ verändert, und zwar wird er bei Mitkopplung ($+ K_u$) vergrößert und bei Gegenkopplung ($- K_u$) verkleinert.

Der niedrige Innenwiderstand bei Spannungsgegenkopplung wirkt sich in der NF-Endstufe insofern günstig aus, als dadurch die Resonanzstellen des Lautsprechers stark gedämpft werden. Andererseits bedeutet der niedrigere Innenwiderstand eine weitgehende Belastungsunabhängigkeit der Ausgangsspannung, was besonders bei Verstärkeranlagen mit stark veränderlicher Belastung von Bedeutung ist. Allerdings muß darauf geachtet werden, daß eine Änderung des Innenwiderstandes auch die elektrischen Daten des Ausgangsübertragers mit ändert, was insbesondere mit Rücksicht auf die Grenzfrequenzen von Bedeutung ist.

Da sich durch die Spannungsrückkopplung die Röhrensteilheit nicht ändert, $S' = S$, und andererseits auch für die rückgekoppelte Röhre die Barkhausensche Röhrengleichung gelten muß, kann der Durchgriff D' bei Spannungsrückkopplung einfach ermittelt werden.

$$D' = \frac{1}{R_i' S'} = \frac{1 - \dfrac{K_u}{D}}{R_i S}, \qquad (118)$$

und mit $R_i S = \dfrac{1}{D}$

$$D' = D - K_u. \qquad (118\,a)$$

Zur rechnerischen Erfassung der Röhrendatenänderungen bei Stromrückkopplung geht man ähnlich vor. Man rechnet mit den entsprechenden Stromgrößen und dem Stromrückkopplungsfaktor K_i. Es sei dem Leser zur Übung empfohlen, die entsprechenden Zusammenhänge selbst abzuleiten.

Die Tabelle XXI enthält eine Zusammenstellung der Röhrendatenänderungen bei verschiedenen Rückkopplungsarten.

Tabelle XXI

	Spannungsrückkopplung	Stromrückkopplung	gemischte Rückkopplung
$R_i' =$	$R_i \dfrac{1}{1 - \dfrac{K_u}{D}}$	$R_i(1 - K_i S)$	$R_i \dfrac{1 - K_i S}{1 - \dfrac{K_u}{D}}$
$D' =$	$D - K_u$	D	$D - K_u$
$S' =$	S	$S \dfrac{1}{1 - K_i S}$	$S \dfrac{1}{1 - K_i S}$

Hierin sind mit R_i, S und D die Röhrendaten der nicht rückgekoppelten Röhre und mit R_i', S' und D' die der rückgekoppelten Röhre bezeichnet. K_u ist der Rückkopplungsfaktor für phasenreine Spannungsrückkopplung, K_i der Rückkopplungsfaktor für Stromrückkopplung. Die grafische Darstellung der Gleichungen nach Tabelle XXI in den Bildern 292 und 293 gibt einen anschaulichen Überblick über den Verlauf der einzelnen Röhrenkennwerte in Abhängigkeit von der Rückkopplung. Die Darstellung ist normiert, das heißt, die Kurvenwerte sind auf die jeweiligen Daten ohne Rückkopplung bezogen und dadurch allgemein gültig. Der Punkt 1 der Ordinatenachse entspricht jeweils der nicht rückgekoppelten Röhre ($\mathfrak{K} = 0$).

Bei der Mitkopplung (positives $\mathfrak{K}$) unterscheiden wir zwei Gebiete. Einmal das der Entdämpfung für $\dfrac{K_u}{D}$ bzw. $S K_i$ von 0 bis 1 und andererseits das der Schwingungserzeugung für $\dfrac{K_u}{D}$ bzw. $S K_i > 1$. Das letztere ist eindeutig durch die Veränderung des Röhreninnenwiderstandes zu negativen Werten gekennzeichnet. Dabei verhalten sich die beiden Rückkopplungsarten grundverschieden. Bei der Spannungsmitkopplung verändert sich der Innenwiderstand von $+\infty$ nach $-\infty$, während er bei Strommitkopplung durch Null geht. Dies bedeutet aber, daß man zum Beispiel Parallelschwingungskreise nur durch Spannungsmitkopplung und Reihenschwingungskreise nur durch Strommitkopplung entdämpfen kann.

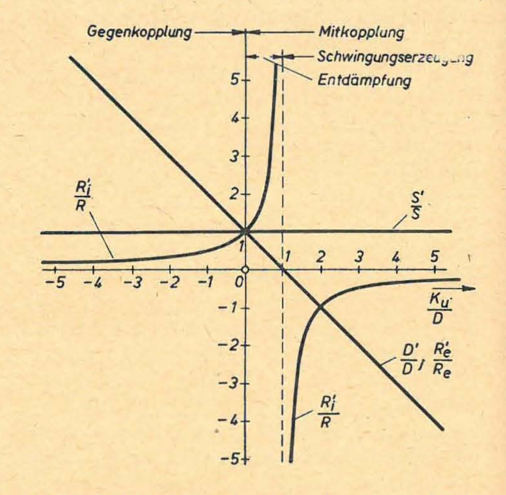


Bild 292: Änderung der Röhrenkennwerte durch Reihenspannungsrückkopplung

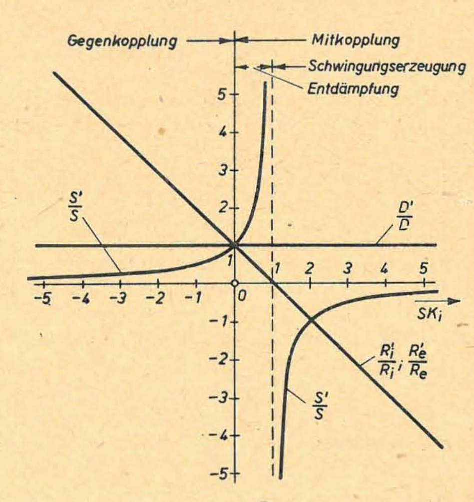


Bild 293: Änderung der Röhrenkennwerte durch Reihenstromrückkopplung

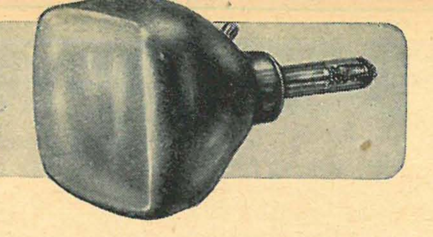
Aus der Tabelle XXI und den Bildern 292 und 293 geht weiter hervor, daß wir die Röhrenkennwerte beliebig verändern können. So kann zum Beispiel der Röhreninnenwiderstand sowohl durch Mitkopplung als auch durch Gegenkopplung vergrößert oder verkleinert werden, je nachdem, ob eine Spannungs- oder Stromrückkopplung angewendet wird. Andererseits sieht man, daß bei geeigneter Rückkopplung Steilheit und Durchgriff unverändert bleiben. Auch der Innenwiderstand kann unverändert bleiben, und zwar dann, wenn

$$\frac{1 - K_i S}{1 - \dfrac{K_u}{D}} = 1 \qquad (119)$$

gemacht wird. Man erhält dann die sogenannte abgestimmte Brückenrückkopplung.

Wird fortgesetzt

Fernsehrundfunk



6. Fortsetzung

Von WERNER TAEGER

Während sich die Brennweite einer Glaslinse nicht ändern läßt, ist dies bei elektrischen Linsen (durch Spannungsänderung) oder bei magnetischen (durch Stromänderung) ohne weiteres möglich. Im Bild 29 ist die Abhängigkeit der Brennweite f einer elektrischen Linse vom Verhältnis der Spannungen $\frac{U_L}{U}$ (U_L = Spannung an der mittleren Linsenelektrode, U = Anlaufspannung der Elektronen) für verschiedene Durchmesser D des mittleren Blendenloches in Kurvenform dargestellt.

Ein wesentlicher Unterschied besteht zwischen optischen und elektrischen Linsen, wie ein Vergleich der Bilder 30 und 31 erkennen läßt. Bei der Brechung des Lichtstrahls durch eine optische Linse ändert sich der Brechungsindex n sprunghaft beim Übergang von einem Medium zum anderen, also zum Beispiel von Glas in Luft und umgekehrt. Bei einer elektrischen Linse dagegen ändert sich der Brechungsindex nur allmählich. Bei der elektrischen Linse nach Bild 31 wird die Elektronenoptik durch zwei getrennte Zylinder mit den verschiedenen Potentialen U_1 und $U_2 > U_1$ gebildet. Dabei entstehen die Induktionslinien, auf diesen senkrecht stehen die Äquipotentialebenen, das sind die Ebenen gleichen Potentials. Wie das Bild erkennen läßt, entstehen durch die Feldverteilung konvexe (erhaben gewölbte) und konkave (nach innen gewölbte) Äquipotentialflächen, und zwar derart, daß im gezeichneten Beispiel diese Flächen im linken Zylinder in Richtung eines zunehmenden Potentials konvex, im rechten Zylinder dagegen konkav sind. Der Verlauf des Potentials ist im unteren Teil des Bildes 31 angedeutet.

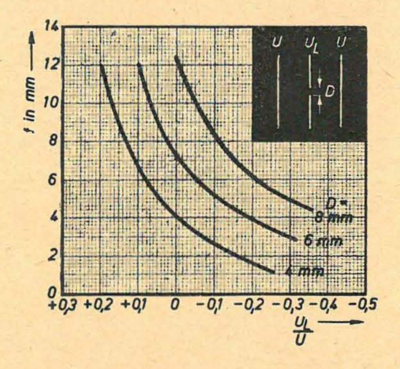
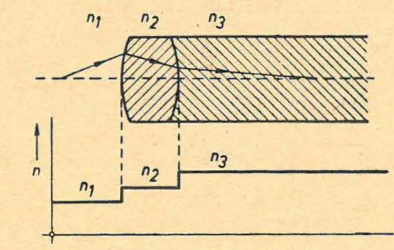


Bild 29: Abhängigkeit der Brennweite f einer elektrischen Linse vom Verhältnis $\frac{U_L}{U}$ und Blendenlochdurchmesser D (nach Wahl)

Eine elektrische Linse läßt sich auch in der Art herstellen, daß man eine oder mehrere mit runden Öffnungen versehene Platten in den Strahlengang bringt.



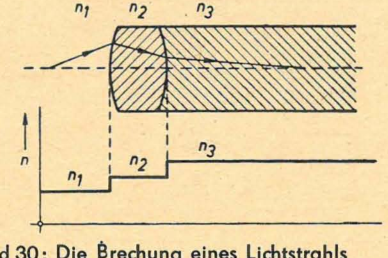
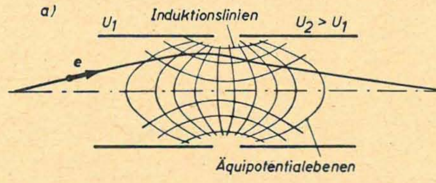


Bild 30: Die Brechung eines Lichtstrahls



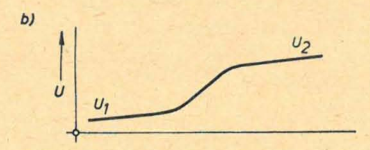


Bild 31: Elektronenbahn

Stellt man zum Beispiel eine einzelne mit einer Öffnung versehene Platte zwischen zwei Kondensatorplatten verschiedenen Potentials, so erhält man eine Elektronenlinse mit plankonkaven Eigenschaften, wenn die Platte mit der Blende an die Kondensatorelektrode mit dem höheren Potential angeschlossen wird (Bild 32). Umgekehrt erhält man eine der plankonvexen Linse entsprechende Elektronenoptik, wenn die Blendenplatte an die Kodensatorelektrode mit dem niedrigeren Potential angeschlossen ist (Bild 33).

Bild 32: Der plankonkaven optischen Linse entsprechende Elektronenlinse

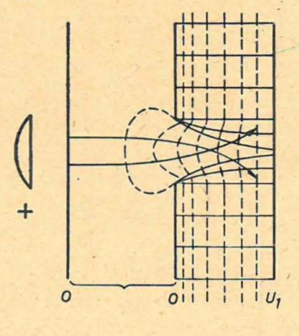


Bild 33: Der plankonvexen optischen Linse entsprechende Elektronenlinse

Eine magnetische Linse zeigt Bild 34. Nach der bekannten Rechte-Hand-Regel wird eine radial gerichtete Feldkomponente B_r, die in der linken Linsenhälfte zur Achse gerichtet ist, infolge der axialen Geschwindigkeit des Elektrons eine Kraft erzeugen, die senkrecht zur Zeichenebene steht. In dieser Richtung wird also das Elektron eine Beschleunigung erhalten, die senkrecht zur axialen Feldkomponente B_z steht. Die Folge ist eine radiale Kraft zur Achse hin (in der Papierebene). Diese Kraft ist in der Linsenmitte am größten, hier besitzt auch die Elektronenbahn somit ihre größte Krümmung. In der rechten Linsenhälfte ist die Bahn dann wieder zur Achse hin gerichtet. Der Punkt, in dem die Achse AA′ schneidet, ist der Bildpunkt A′. Da, wie gesagt, das Elektron während seines Fluges durch das Magnetfeld auch eine senkrecht zur Papierebene gerichtete Geschwindigkeit besitzt, hat sich die Bahn des Elektrons um einen ganz bestimmten Winkel gedreht.

Die im modernen Fernsehbetrieb verwendeten lichtelektrischen Bildgeberöhren beruhen in ihrer Wirkungsweise auf dem Umstand, daß von Lichtstrahlen getroffene Metalle aus ihren Atomverbänden Elektronen frei werden lassen. Dabei steigt die Zahl der ausgelösten Elektronen mit der Lichtintensität. Die Elektronengeschwindigkeit nimmt mit wachsender Wellenlänge des Lichtes ab, so daß langwelliges rotes Licht kleine, das kurzwellige violette Licht dagegen große Elektronengeschwindigkeiten zur Folge hat.

Bedeutet ν die Schwingungszahl des Lichtes, h das Plancksche Wirkungsquantum $6{,}55 \cdot 10^{-27}$ erg · s, so bezeichnet man das Produkt $h \cdot \nu$ als Zahl der Lichtquanten. Da rotes Licht die Frequenz $\nu_r = 400 \cdot 10^{12}$ Hz ($\approx 0{,}75\ \mu$), violettes eine solche von $\nu_v = 750 \cdot 10^{12}$ Hz ($\lambda \approx 0{,}4\ \mu$) aufweist, ist für rotes Licht $(h \cdot \nu_r) = 2{,}6 \cdot 10^{-12}$ und für violettes $(h \cdot \nu_v) = 5 \cdot 10^{-12}$. Durch jedes Lichtquant wird ein Elektron ausgelöst. Bezeichnet man noch mit p die Austrittsarbeit, die aufgewendet werden muß, um das Elektron aus dem Metall in das Vakuum hinaustreten zu lassen, so ergibt sich die kinetische Energie der Elektronen zu

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = h \cdot \nu - p \qquad (25)$$

und daraus zum Beispiel ihre Geschwindigkeit

$$v = \sqrt{\frac{2}{m}(h \cdot \nu - p)}. \qquad (26)$$

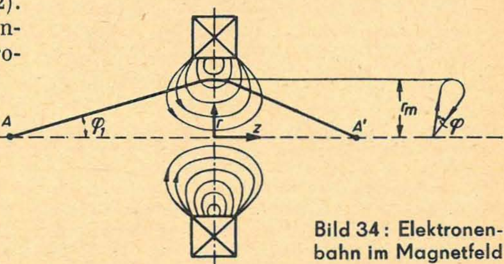


Bild 34: Elektronenbahn im Magnetfeld

Wird fortgesetzt

Literaturkritik und Bibliographie

V. Kment und A. Kuhn

Das Geiger-Müller-Zählrohr

Technisch-Physikalische Monographien, Band 6
Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G., Leipzig, 1953
59 Seiten, 37 Bilder, DIN A 5, 6,50 DM

Das Geiger-Müller-Zählrohr gilt als das bekannteste elektronische Instrument zum Nachweis und zum Messen schwacher Röntgen- und radioaktiver Strahlen. Die Verfasser haben unter besonderer Berücksichtigung kernphysikalischer Belange in gedrängter Form eine dem internationalen Stand der Technik entsprechende Abhandlung über das Geiger-Müller-Zählrohr veröffentlicht. Während die konstruktive Gestaltung des Geiger-Zählers selbst umgangen ist, werden der elektrische Aufbau und die Funktion der dazugehörenden Geräte durch geschickt gewählte Beispiele erläutert.

Das vorliegende Büchlein ist besonders zu begrüßen, weil in der deutschsprachigen Literatur noch kein wissenschaftliches Werk bekannt ist, in dem dieses Spezialgebiet allein behandelt wird.

Die Arbeit wird allerdings nur dem verständlich sein, der zumindest über Grundkenntnisse in der Kernphysik, Gasentladungsphysik, ebenso wie in der Verstärker- und besonders in der Impulstechnik verfügt, da der geringe Umfang des Werkes eine Berücksichtigung allgemeiner Grundlagen nicht gestattet. Aus diesem Grunde wird wiederholt auf das im gleichen Verlag erschienene Werk: W. Espe und A. Kuhn „Elementare Grundlagen der Kernphysik" hingewiesen.

Auf die Beschreibung des prinzipiellen Aufbaues und der Wirkungsweise des Geiger-Müller-Zählrohres folgen Hinweise zur Arbeit mit dem Geiger-Zähler. Besondere Erwähnung verdient ein Kapitel über die Fehlergrenzen und Korrekturen der Messungen mit Zählrohren. Ferner werden Beispiele für die Zubereitung von radioaktiven Präparaten angeführt.

Der zweite Teil der Arbeit befaßt sich mit den elektronischen Zusatzgeräten, die erst den Betrieb des Geiger-Zählers ermöglichen. An erster Stelle stehen die Hochspannungserzeuger, die eine stabilisierte Gleichspannung von etwa 1000 V abgeben müssen. Dieser Abschnitt zeichnet sich dadurch aus, daß eine Reihe von Schaltungen mit Elektronenröhren erläutert sind, welche die Erzeugung der Hochspannung in Baueinheiten ermöglichen, die durch ihr geringes Gewicht und den kleinen Platzbedarf vorteilhaft erscheinen. Weiterhin wird das Beispiel einer Zählrohrlöschschaltung angeführt. Ein Abschnitt behandelt die Eingangsschaltungen von Zählrohrverstärkern einschließlich der Amplitudendiskriminatoren.

Zuletzt werden Anordnungen beschrieben, die zum Zählen von Impulsen dienen. Geringe Impulszahlen je Zeiteinheit werden mit elektromechanischen Zählwerken erfaßt, während bei größeren Impulsdichten elektronische Untersetzer und integrierende Anzeigeeinrichtungen Verwendung finden, von denen einige Beispiele erläutert werden.

Dieses Werk vermittelt einen Gesamteindruck von dem Gebiet der Strahlenmeßtechnik mit Geiger-Müller-Zählrohren. Unter Berücksichtigung des geringen Druckraumes kann die Darstellung des Stoffes als gelungen bezeichnet werden. Im Literaturverzeichnis sind die meisten Bücher dieses Fachgebietes und eine kleine Auswahl von Artikeln aus der Fachpresse zusammengestellt.

Frommhold

Verstärkung bei Frequenzen über 1000 MHz von C Boden und G. Walter
Verlag Technik, 1952, 88 S., 62 Bilder, kart. 3,50 DM
Für Ingenieure, Studenten

Verstärkertechnik, Kurven und Frequenzabhängigkeit von Weber
Verlag Technik, 192 S., 25,— DM
Für Ingenieure der Hochfrequenztechnik, Wissenschaftler

Lehrbuch der Elektronenröhren und ihrer technischen Anwendungen von H. Barkhausen
S. Hirzel Verlag
Band I: Allgemeine Grundlagen, 7. Aufl. 1953, 235 S., 177 Bilder, Hlw. 7,50 DM
Band II: Verstärker, 5./6. Aufl. 1953, etwa 216 S., etwa 130 Bilder, Hlw. 5,— DM
Band III: Rückkopplung, 6. Aufl. 1951, 176 S., 85 Bilder, Hlw. 6,50 DM
Band IV: Gleichrichter und Empfänger, 6. Aufl. 1951, 294 S., 147 Bilder, Hlw. 9,— DM
Für Studierende, Ingenieure

Röhrentaschenbuch von W. Beier
Fachbuchverlag, 478 S., Hlw. 9,80 DM, Neuaufl. in Vorb.
Für Rundfunktechniker

Einführung in die Vacuumtechnik von Heinze
Verlag Technik, 1953, in Vorbereitung
Für Studenten, Ingenieure der Hochfrequenztechnik, Konstrukteure, Physiker

Die Oxydkathode von G. Herrmann und S Wagener
2. Teil: Technik und Physik
Johann Ambrosius Barth Verlag, 2. neubearb. Aufl. 1950, 284 S., 147 Bilder, 3 Tafeln, geb. 29,— DM

Elektronenröhren als Anfangsstufenverstärker von H. Rothe und W. Kleen
Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G., (Bücherei der Hochfrequenztechnik, Bd. 3), 2. erw. Aufl. 1953, 403 S., 244 Bilder.

Elektronenröhren als End- und Senderverstärker von H. Rothe und W. Kleen
Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G., (Bücherei der Hochfrequenztechnik, Bd. 4), 1953, 141 S., 118 Bilder, Lw. 10,50 DM

Elektronenröhren als Schwingungserzeuger H. Rothe und W. Kleen
Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G., (Bücherei der Hochfrequenztechnik, Bd. 5), 2. Aufl. 1948, Neuaufl. in Vorb.

Halbleiter von C. Fritzsche und K. Wicht
Wilhelm Knapp Verlag, 62 S., 20 Bilder, br. 3,60 DM

Anpassungs- und Differentialübertrager der Nachrichtentechnik von O. Henkler
Verlag Technik, 1952, 40 S., 37 Bilder, kart. 2,20 DM
Für Ingenieure, Techniker, Studenten

Störspannungen in Übertragungseinrichtungen von O. Henkler
Verlag Technik, 1952, 28 S., 9 Bilder, kart. 1,20 DM
Für Ingenieure, Techniker, Studenten

Neuzeitliche Trägerfrequenztechnik von O. Henkler
Verlag Technik, 1952, 24 S., 10 Bilder, 2 Taf., kart. 2,20 DM
Für Studenten, Ingenieure, Wissenschaftler

Elektrotechnische Widerstände von G. Hoffmeister
Fachbuchverlag, 1952, 239 S., dazu Mappe mit 18 Tafeln, Hlw. 10,80 DM
Für Fernmelde- und Funktechniker, Ingenieure

Ferromagnetische Werkstoffe der Elektrotechnik, insbesondere der Fernmeldetechnik von W. Fröhlich
Verlag Technik, 1952, 100 S., 56 Bilder, Anh. mit 43 Diagr., Lw. 9,50 DM
Für Techniker, Ingenieure, Studierende

Magnetokeramische Werkstoffe von Hellermann
Verlag Technik, in Vorbereitung
Für Ingenieure, Physiker, technische Keramiker, Konstrukteure

Der Spartransformator in der Praxis von R. Kühne
Fachbuchverlag, 130 S., 111 Bilder, kart. 3,80 DM

Bauelemente, Ultrahochfrequenz von Neidhardt
Verlag Technik, 1953, in Vorbereitung
Für Studenten, Konstrukteure, Ingenieure

Elektrolytkondensatoren von Pilgrim
Verlag Technik, 1953, in Vorbereitung
Für Studenten, Ingenieure der Fernmeldetechnik, Konstrukteure

Erscheinungen in ferromagnetischen Metallen von Bjelow (Übers. a. d. Russ.)
Verlag Technik, 1953, 224 S., 141 Bilder, 5 Tafeln, Lw. 20,— DM
Für Studenten, Ingenieure, Physiker

Pulver-Ferromagnetika für Massenkerne von W. Fröhlich
Verlag Technik, 1953, 28 S., 26 Bilder, br. 5,60 DM
Für Ingenieure, Physiker, Chemiker, Mathematiker, Studierende

Der Kathodenstrahl-Oszillograph von H. W. Fricke
Fachbuchverlag, 232 S., 456 Bilder, 2 Aufklapptafeln, Hlw. 11,50 DM
Für interessierte Laien, Facharbeiter, Hörer der Volkshochschule, Fachschüler, Ingenieure

Einführung in die piezoelektrische Meßtechnik von W. Gohlke
Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G., 1954, Lw. 21.— DM

Die Messung von elektrischen Schwingungen aller Art nach Frequenz und Amplitude von H. Laporte
Wilhelm Knapp Verlag, 1949, 111 S., 122 Bilder, 4,20 DM

Thermische Messungen von H. Laporte
Wilhelm Knapp Verlag, in Vorbereitung

Die Messung und Berechnung von Widerständen, Induktivitäten und Kapazitäten aller Art von H. Laporte
Wilhelm Knapp Verlag, 1954, 2. Aufl. 150 S., 180 Bilder, etwa 6,— DM

Hochvakuum von H. Laporte
Wilhelm Knapp Verlag, 1951, 140 S., 117 Bilder, 5,— DM

Beobachtung und Registrierung veränderlicher Vorgänge durch Meßapparaturen von H. Laporte
Wilhelm Knapp Verlag, 1952, 117 S., 5,— DM

Fernmeßeinrichtungen von M. W. Maximow (Übers. a. d. Russ.)
Fachbuchverlag, 44 S., 28 Bilder, kart. 2,25 DM
Für Fachschüler, Techniker, Ingenieure

Neuzeitliche Fehlersuchgeräte für die Funkwerkstatt von R. Schadow
Fachbuchverlag, 1951, 124 S., 79 Bilder, Hlw. 5,— DM
Für Facharbeiter, Fachschüler, Techniker, Ingenieure

Hochfrequenz-Meßverfahren von H. Schwarz
Verlag Technik, 1953, 114 S., 110 Bilder, br. 10,— DM
Für Studenten, Ingenieure

Einführung in die Meßtechnik von Bock
Verlag Technik, in Vorbereitung, etwa 96 S. Lw. 6,60 DM
Für Laboranten, Studenten, Ingenieure

Röntgendosimetrie von Frommhold
Verlag Technik, in Vorbereitung
Für Physiker, Geologen, Studenten, Ingenieure

Spiegelgalvanometer und Lichtzeigerinstrumente von E. Meyer und C. Moerder
Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G., 1952, 483 S., 327 Bilder, Lw. 44,— DM
Für Ingenieure, Physiker

Chronik der Nachrichtentechnik

Von Dipl.-Ing. HANS SCHULZE-MANITIUS

1846

Werner von Siemens erfindet den elektromagnetischen Zeigertelegrafen mit Selbstunterbrechung, der hauptsächlich im Eisenbahnverkehr benutzt wurde und bei dem durch die Selbstunterbrechung ein zuverlässiger synchroner Lauf der zwei Zeiger auf den voneinander entfernten Stationen bewirkt wurde. Außerdem erfand er die Umkleidung der unterirdisch zu verlegenden Telegrafenleitungen mit Guttapercha.

1846

Georg Halske konstruiert den ersten Siemensschen elektromagnetischen Zeigertelegrafen. Siemens hatte einen geeigneten Mechaniker für die Herstellung seines Zeigertelegrafen mit Selbstunterbrechung gesucht und zuerst mit dem Mechaniker David Friedrich Lewert verhandelt, der 1800 in Berlin eine Werkstatt gegründet hatte, aus der sich später die Firma C. Lorenz entwickelte. Beide Männer wurden aber aus heute nicht mehr festzustellenden Gründen nicht einig. Siemens ging daher zu den Mechanikern Böttcher und Halske.

1846

Der Engländer Robert Fitzroy (geb. 5. 6. 1805) versucht, eine geregelte Organisation für Sturmwarnungen mit Hilfe der Telegrafie ins Leben zu rufen. Dieser Versuch wurde 1849 von Redfield und Loomis verwirklicht.

18. 10. 1846

Johann Sigmund Schuckert wird in Nürnberg geboren. Er gründete 1873 in Nürnberg eine elektrische Werkstatt, aus der die späteren Schuckert-Werke hervorgingen. Er starb am 17. 9. 1895 in Wiesbaden.

12. 12. 1846

Der Engländer Alexander Bain erhält das britische Patent auf seinen elektrochemischen Schnelltelegrafen mit gelochten Papierstreifen, die durch einen besonderen Gebeapparat hindurchgeführt wurden, ein Verfahren, das man 60 Jahre lang wenig beachtete, bis es zur Grundlage der schnellen Nachrichtenübermittlung wurde.

16. 12. 1846

Der Berliner Uhrmacher Ferdinand Leonhardt erhält das Preußische Patent auf seinen „Typetelegrafen", den er in Anlehnung an den Wheatstoneschen Apparat konstruiert hatte.

1847

James Clark Maxwell beginnt mit 16 Jahren auf der Universität Edinbourgh zu studieren und beschäftigt sich neben Mathematik besonders mit Physik.

1847

Der Engländer Backewell erfindet den „Kopiertelegrafen", einen Vorläufer der heutigen Fernsehapparate.

Backewells Gerät bestand im wesentlichen aus einer Metallwalze, die er durch ein Uhrwerk in langsame Umdrehung versetzte. Auf ihr glitt ein in eine Metallspitze auslaufender Arm, der durch das feine Gewinde einer Schraubenspindel gleichzeitig in der Längsachse der Walze verschoben wurde. Die Spitze beschrieb also auf dem Umfang der Walze eine Schraubenlinie mit dicht nebeneinanderliegenden Windungen. Eine solche Vorrichtung befand sich sowohl in der sendenden als auch in der empfangenden Stelle, die beide derartig in den Stromkreis einer Batterie eingeschaltet waren, daß der Strom über die Schreibspitze des Senders auf die Metallwalze überging, durch die Leitung zur Schreibspitze des Empfängers floß und über dessen Walze zur Batterie zurückkehrte. Wurde beim Sender ein mit Harzfirnis beschriebenes Stanniolblatt auf die Walze gelegt, so wurde der Batteriestrom jedesmal unterbrochen, wenn die Schreibspitze über einen mit der Isoliermasse bedeckten Punkt glitt. Auf der Empfängerwalze lag ein mit einer chemischen Verbindung (Eisenverbindung, Anilinsalze, Zyankali o. ä.) getränktes Papierblatt, das sich wie Polreagenzpapier unter der Einwirkung des Stromes färbte, solange die Schreibspitze des Senders Berührung mit dem Metall hatte. Bei Stromunterbrechung dagegen blieb das Papier weiß, die farbige Schraubenlinie wurde zeitweise unterbrochen, und die Zwischenräume in „Weiß" setzten sich zur genauen Abbildung der Schrift oder Zeichnung zusammen. Die Telegrafiergeschwindigkeit war natürlich wesentlich niedriger als die der anderen Telegrafen, so daß dieser Kopiertelegraf sich praktisch nicht einführen konnte. Außerdem war es schwierig, beide Walzen mit gleicher Drehzahl laufen zu lassen.

1847

Werner von Siemens stellt die ersten brauchbaren Kabel mit Guttapercha als Isolierstoff her und schafft damit die Voraussetzung zur späteren Herstellung der Überseekabel.

Guttapercha ist der eingetrocknete Milchsaft der im Malaiischen Archipel heimischen Palaquiumbäume. Er bildet eine braune, schwammige, dem Kautschuk ähnliche Masse, besitzt aber nicht die dem Kautschuk eigentümliche Federkraft. Der Hauptbestandteil ist der Kohlenwasserstoff Gutta und dessen Harze.

1847

Zwischen Berlin und Großbeeren wird das erste unterirdische Telegrafenkabel verlegt.

1847

Jowett konstruiert einen verbesserten hydraulischen Telegrafen (s. um 330 v. d. Z.), der sich aber wie alle seine Vorgänger (s. 1796, 1824 und 1827) nicht einführen konnte. Die bereits vorhandenen Chappeschen Flügeltelegrafen (s. 1794) erfüllten ihren Zweck, die Übermittlung von Nachrichten, wenigstens bei Tage und bei gutem Wetter, sehr gut. Außerdem machten insbesondere die elektrischen Telegrafen dieses mangelhafte Nachrichtenmittel überflüssig.

1847

Samuel Morse baut einen Typendrucktelegrafen. Alle die bisher erfundenen Typendrucktelegrafen entsprachen aber noch nicht den an sie zu stellenden Anforderungen. Erst dem amerikanischen Professor Hughes gelang es um 1885, einen brauchbaren Typendrucktelegrafen herzustellen.

1847

Die Hannoversche Staatsbahn führt auf ihren Linien zuerst in Europa den Morseschen Telegrafen ein.

3. 1. 1847

Werner von Siemens gibt in der Werkstatt von Böttcher & Halske seinen ersten elektromagnetischen Telegrafen in Auftrag. Abgesehen von der damit beginnenden Entwicklung des Telegrafenwesens bedeutet dieser Zeitpunkt auch das Einsetzen eines ungeahnten Aufschwunges der Drahtindustrie.

11. 2. 1847

Thomas Alva Edison wird zu Milan im USA-Staate Ohio geboren.

Edison begann sein Brot als Zeitungsjunge in den amerikanischen Eisenbahnzügen zu verdienen, richtete mit 15 Jahren eine kleine Druckerei in einem Packwagen der durchlaufenden großen Eisenbahnzüge ein und verkaufte die während der langen Eisenbahnfahrten gedruckten Zeitungen, den „Grand Funk Herald", selbst, der so bekannt wurde, daß Stephenson eine Spezialausgabe dieser Eisenbahnzeitung bestellte. Trotzdem wurde Edison entlassen, weil durch die Explosion einer Flasche Phosphorlösung der Packwagen in Brand geraten war. Im Keller seines Vaterhauses zu Port-Huron (Michigan) unterhielt Edison ein kleines Laboratorium. Er hatte eine „Privattelegrafenlinie" zum Hause seines Freundes Ward gebaut, an der er jeden Abend nach seiner Arbeit experimentierte. Da ihn sein Vater jedoch jeden Abend um 1/212 Uhr ins Bett trieb, sann er nach einer List. Der Vater las abends stets die ihm unverkäuflich gebliebenen Zeitungen, und Edison erklärte eines Abends, er habe die Zeitungen bei Ward gelassen. Der Vater machte das erwartete lange Gesicht, worauf er antwortete, er könne sich deren Inhalt von Ward herübertelegrafieren lassen. Kurz darauf kam durch den Draht die vorher verabredete Nachricht. Der erstaunte Vater bewunderte seinen Sohn und schickte ihn nun nicht mehr zu Bett.

Dann wurde Edison Telegrafist. Er war der beste Telegrafist beim „Franklin-Telegraph", da er Telegramme mit einer Geschwindigkeit von 40 Worten und mehr in der Minute schrieb, was ihm keiner nachmachte. Er besaß einen guten Blick für die kleinen Bedürfnisse des praktischen Lebens und die Wege zu ihrer Befriedigung. Auf einem leeren Tisch im Telegrafenbüro in Boston wurden die Frühstücksvorräte der Beamten aufbewahrt, über die aber regelmäßig die Küchenschwaben herfielen. Nachdem sich Edison diese unappetitliche Angelegenheit eine Weile mit angesehen hatte, besorgte er sich einige Blätter Stanniol, schnitt sie in Streifen und legte sie so auf der Tischplatte aus, daß sie als zwei völlig geschlossene Kreise in einem Abstand von nur wenigen Millimetern voneinander verlaufend die Vorräte umschlossen. Die beiden Stanniolringe verband er mit den beiden Polen einer starken elektrischen Batterie. Keine Küchenschwabe konnte mehr an die Frühstücksvorräte, denn beim Überschreiten dieser „Sperrlinie" schloß sich durch die Verbindung der beiden Stanniolringe durch die Tierkörper hindurch der Stromkreis und die Küchenschwaben wurden getötet.



Thomas Alva Edison
1847 bis 1931

Edison verwendete 1868 ein Kabel für zwei Stromkreise, schuf sich eine kleine Werkstatt, führte elektrische Anlagen und für Geschäftshäuser Telegrafenlinien mit einem Zeigertelegrafen aus, erfand 1869 den Abstimmungstelegrafen und einen Drucktelegrafen, den er für 40000 Dollar verkaufte, konstruierte 1872 ein Relais, das er „Elektromotograph" nannte, das jedoch keine größere Verbreitung fand, erhielt am 2. 2. 1875 das britische Patent auf ein Verfahren zum gleichzeitigen Doppeltelegrafieren auf einem Draht, erfand 1876 ein Kohlemikrofon (eine Verbesserung des Bellschen Telefons), den Mikrotasimeter", richtete 1876 im Menlo-Park bei New York ein eigenes Laboratorium ein, in dem er eine Anzahl wichtiger Telegrafenapparate erfand, schuf den Vierfachtelegrafen, mit dem es ihm gelang, auf einer Leitung vier Nachrichten zur gleichen Zeit zu senden, erfand 1877 den Stanniolwalzen-„Phonographen" (Sprechmaschine), 1878 die Bleisicherung für Starkstrom, erhielt am 15. 6. 1878 das britische Patent auf ein mit Batterie zu betreibendes Telefon, baute 1879 die marktfähige Glühlampe, beobachtete 1880, daß auch durch das luftleere und daher unter gewöhnlichen Umständen nicht leitende Innere einer brennenden Glühlampe ein elektrischer Gleichstrom vom Glühfaden („Katode") zu einer diesem gegenüber eingeschmolzenen Metallplatte („Anode") fließen kann (diese von Edison nicht geklärte Erscheinung wurde dann 1903 von Wehnelt untersucht), baute 1881 eine elektrische Beleuchtungsanlage großen Stils, stellte 1892 Versuche zur drahtlosen Übertragung telegrafischer Zeichen an, erhielt 1892 das Patent auf einen Apparat, „mit dem zwischen zwei entfernten Stationen elektrisch telegrafiert werden kann, ohne daß hierzu eine Leitung nötig wäre" und gab dem 1901 von Jungner erfundenen Eisen-Nickel-Akkumulator 1905 eine brauchbare Form.